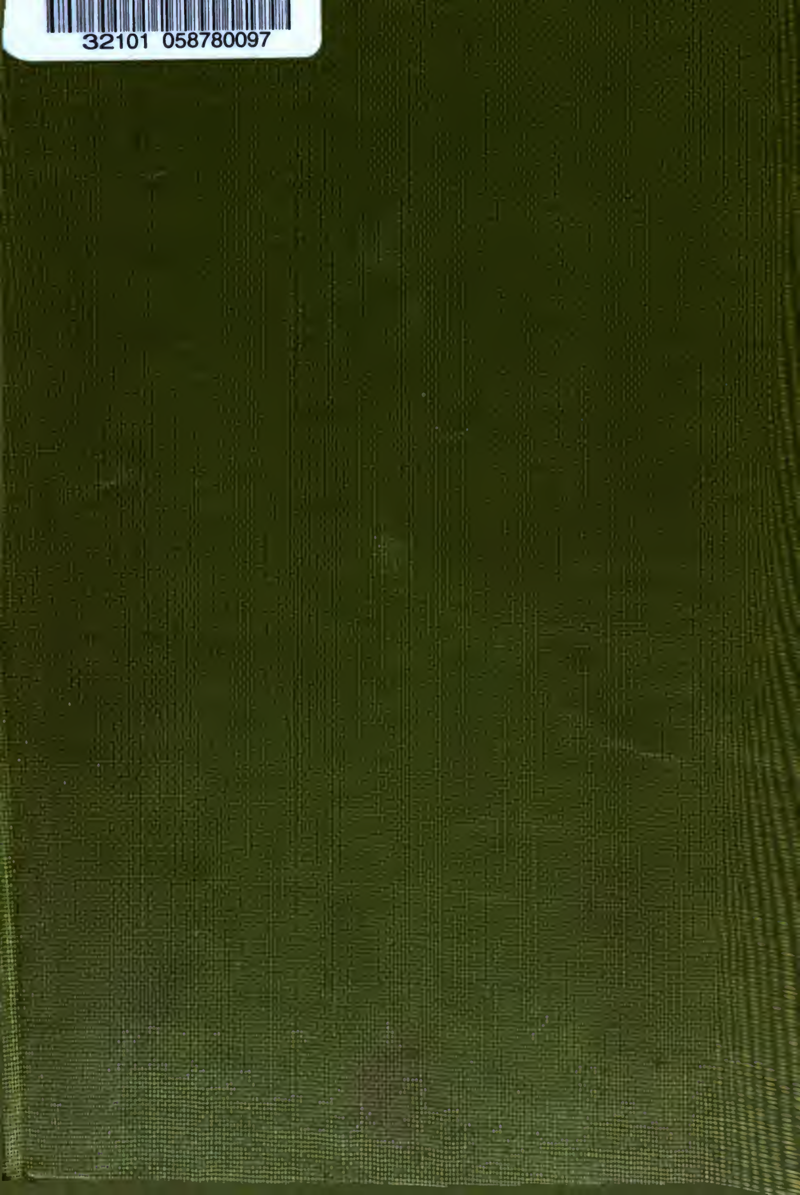

32101 058780097

VETUS & TESTAMENTUM
NOVUM
DEI SUB NUMINE VIGET
PRINCETON
UNIVERSITY
LIBRARY

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

BAND I. HEFT 1.

I. ERGÄNZUNGSHEFT ZU DEN VERHANDLUNGEN DES NATURHISTORISCH-MEDICINISCHEN VEREINS ZU HEIDELBERG.

INHALT.

ZUR PHOTOCHEMIE DER NETZHAUT (2. ABDRUCK) VON W. KÜHNE.

ÜBER DEN SEHPURPUR VON W. KÜHNE.

MIT EINER TAFEL.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1877.

Digitized by Google

Diese Untersuchungen erscheinen in zwanglosen, auch einzeln käuflichen Heften, deren vier einen Band bilden.

Heidelberg.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung.

Heidelberg. CARL WINTER's Universitätsbuchhandlung. Im Mai 1877.

GMELIN-KRAUT's
HANDBUCH DER CHEMIE.

Anorganische Chemie

in drei Bänden.

Sechste umgearbeitete Auflage.

Herausgegeben
von

Dr. Karl Kraut,
Professor der Chemie an der polytechnischen Schule in Hannover.

Mit Abbildungen in Holzschnitt.

Ausgabe in sechs Abtheilungen.

Diese *sechste Auflage* von *Gmelin's Handbuch der anorganischen Chemie* enthält, dem bisher befolgten Plane des Werkes entsprechend, eine *vollständige, gedrängte und systematische Darstellung des gesammten chemischen Wissens bis auf unsere Zeit.*

Der *allgemeine* Theil hat eine vollständige Umarbeitung erfahren. Bei Bearbeitung des *speciellen* Theils sind die Aequivalentformeln Gmelin's verlassen und die atomistische Auffassung und Schreibart in Anwendung gebracht worden. Man wird aus den erschienenen Abtheilungen ersehen, daß das Bestreben vorhanden war, trotz der sehr viel größeren Masse der Thatsachen dem Werke die Präcision und Uebersichtlichkeit zu erhalten, welche den früheren Auflagen so zahlreiche Freunde erworben hat.

Nachdem der Druck nun so weit vorgeschritten ist, daß der Vollendung des Ganzen in kurzer Frist entgegengesehen werden kann, haben wir uns entschlossen eine *Ausgabe in sechs Abtheilungen oder Halbbänden* zu veranstalten.

Die Abtheilungen des I. und III. Bandes erscheinen in nachstehender Reihenfolge im Laufe dieses Jahres:

Erster Band, erste Abtheilung (allgemeiner Theil) bearbeitet von Professor Dr. *Alexander Naumann* in Gießen, 21 Mark;

Dritter Band, erste Abtheilung (Metalle) bearbeitet von Dr. *S. M. Jörgensen,* Vorstand des chemischen Laboratoriums des Polytechnikums in Kopenhagen, 16 Mark;

Erster Band, zweite Abtheilung (Metalloïde) bearbeitet von Professor *H. Ritter* in Hiogo (Japan) und vom *Herausgeber*, 12 Mark.

Dritter Band, zweite Abtheilung (Metalle) bearbeitet von Dr. *S. M. Jörgensen*, Vorstand des chemischen Laboratoriums des Polytechnikums in Kopenhagen, 14 Mark.

Daran schließt sich:

Zweiter Band, erste und zweite Abtheilung, die noch unter der Presse sind.

Die in diesem Jahre zur Versendung gelangenden Abtheilungen können auch sofort vollständig bezogen werden.

(RECAP)

GPI
xH2 v.1-2

Keine Nation hat ein Werk aufzuweisen, welches einen ebenso reichen Schatz chemischer Thatsachen und Quellenangaben bildet, als Gmelin's Handbuch der Chemie.
(Chem. techn. Repertorium.)

Eine Kritik über dieses *weltbekannte und jedem Chemiker unentbehrlich* gewordene Werk zu liefern, ist wohl ein müßiges Unternehmen, um so mehr, als es in der Reihe der chemischen Literatur schon in seinen früheren Ausgaben den *ersten Rang* behauptete, wenigstens ist uns kein Werk bekannt, welches die Praxis und Theorie der Chemie, wie diese sich aus den Arbeiten von tausenden Forschern aufgebaut hat, so gründlich bearbeitet, methodisch behandelt und sowohl in objectiver wie kritischer Weise darlegt, als dieses von Gmelin geschaffene Werk.
(Pharm. Centralhalle für Deutschland.)

...... Um bei keinem unserer Leser einem Zweifel darüber Raum zu geben, wie wir dies Werk betrachten, so fügen wir hinzu, daß die *ruhige, leidenschaftlose, nach allen Richtungen hin gerechte, klare und geistreiche Darstellungsweise* uns nicht bloß mit ungetheilter Anerkennung, sondern selbst mit Bewunderung erfüllt hat. **(Pharmac. Vierteljahresschrift.)**

Ein allgemeines Urtheil über das berühmte Werk Gmelin's abgeben, hieße etwas sehr Ueberflüssiges thun, da dasselbe von competenterer Seite bereits und in der günstigsten Weise gefällt ist. Es bleibt nur übrig, festzustellen, wie durch die neue Umarbeitung das Buch verändert ist und ob solche Aenderung nothwendig und gelungen erscheint. ..... Diese sechste Auflage aber hat ihren eigenthümlichen Werth weniger in dem Hinzukommen neuer Thatsachen, als in der gewissermaßen veränderten Beleuchtung, unter welcher das Gesammtgebiet überschaut werden soll.
(Archiv der Pharmacie.)

Physik und Chemie bilden das Alpha und Omega der Landwirthschaft. Wohl uns, daß die Wahrheit dieses Satzes gegenwärtig schon allgemein anerkannt ist und daß jeder intelligente Landwirth sich diese Wissenschaft, wenigstens die Grundprincipien derselben eigen zu machen sucht. ..... Der Praktiker braucht vor Allem Bücher, in denen er sicher die gewünschte Auskunft findet; ein derartiges Werk, in welchem wenigstens die Lösung einer chemischen Frage nicht vergebens gesucht werden wird, ist das obengenannte Handbuch. ..... *Man wird selten ein Werk finden, welches in einem verhältnißmäßig kleinen Raume eine so große Menge Stoff enthält, wie das vorliegende.* In Verbindung mit der schon früher erschienenen organischen Chemie desselben Verfassers bildet das „Handbuch der Chemie" eines der vorzüglichsten Werke der chemischen Literatur und verdient die größte Verbreitung in den Kreisen Aller, welche, sei es als Theoretiker, sei es als Praktiker eine so wichtige Wissenschaft studieren oder darin nachschlagen und Rath zu erholen wünschen.
(Wiener landwirthschaftl. Zeitung.)

Auch dies Werk giebt eine zusammenfassende Darstellung der Chemie, die Weiterführung des so berühmten, eine *zuverlässige chemische Quelle* bildenden Werkes von Gmelin.

In dieser neuen Bearbeitung soll durch den bewährten Herausgeber des organischen Theils des Werkes Gmelin's die gesammte Wissenschaft mit allen Einzelheiten, kurz und übersichtlich, wie dies nur in einem Handbuch möglich ist, aufgezeichnet werden. **(Zeitschrift für Chemie.)**

Die Aequivalentformeln Gmelin's sind verlassen und ist überall der atomistischen Auffassung Rechnung getragen; die Reihenfolge der Kapitel ist jedoch möglichst beibehalten. Diese neue Ausgabe zeichnet sich wie schon die früheren durch *gedrängte Darstellung, Vollständigkeit und sorgfältige Literaturangaben vor allen ähnlichen Werken* aus und ist daher bestens zu empfehlen.
(Dingler's polytechn. Journal.)

Das Handbuch von Gmelin hat sich schon längst den *Werth der Unentbehrlichkeit für jeden Chemiker* erworben, da es kein Sammelwerk giebt, was so vollständig alle Angaben leicht und faßlich wiedergegeben enthält, welche in irgend einer Weise auf Chemie Bezug haben. Es dient demnach als Nachschlagewerk bei allen wissenschaftlichen Untersuchungen, um sowohl die bisher erkannten Verbindungen und Elemente zu finden, wie namentlich möglichst vollständig die einschlagende Literatur in Notizen. **(Archiv für Pharmacie.)**

Von diesem altbekannten Werke ist eine neue Auflage — nunmehr die sechste — im Verlage von C. Winter in Heidelberg im Erscheinen begriffen. Da die Träger der besten Namen auf dem Gebiete der Chemie an der Redaction dieses Werkes mitwirken, so zeichnet sich dasselbe durch große Reichhaltigkeit und klare Darstellung

auf das rühmlichste vor andern ähnlichen Werken aus und bildet in Verbindung mit der organischen Chemie, welche von denselben Autoren bearbeitet in vierter Auflage vorliegt, eines der umfassendsten Werke auf dem chemischen Gebiete — *gleich ausgezeichnet als Lehr- und Nachschlagebuch.* **(Neue freie Presse.)**

Kaum giebt es einen Zweig der Naturwissenschaft, welcher seit wenigen Jahrzehnten Fortschritte in so riesigem Maße gemacht hat, wie die Chemie; es ist keine gewagte Behauptung, zu sagen, daß es nur sehr wenige Chemiker giebt, welche im Stande sind, alles Neue, was in den verschiedenen Zweigen der Wissenschaft geleistet wird, zu studiren. Ein Werk, welches gewissermaßen eine *vollständige Bibliographie des chemischen Wissens* giebt und gleichzeitig den Gegenstand *nach dem neusten Stande unserer Kenntnisse* behandelt, wird jedem Chemiker, jedem gebildeten Landwirthe ein willkommenes Buch sein. Ein solches Werk, allen Chemikern ein alter bewährter Freund aus den Tagen der Studienzeit, ist Gmelin-Kraut's Handbuch der Chemie. Dasselbe liegt gegenwärtig in neuer und zwar in sechster Auflage vor uns, ein Umstand, der beredter als jede Kritik für das altbekannte Werk spricht und jede Empfehlung desselben eigentlich überflüssig macht. Es sollte in der Büchersammlung eines Jeden, der mit chemischen Dingen zu thun hat, vorhanden sein.

(Oesterreichisches Landwirthschaftliches Wochenblatt.)

. . . . . . Die Eigenthümlichkeit des Gmelin'schen Handbuches besteht darin, daß in ihm die *ganze Ernte aufgespeichert ist, welche seit den ältesten Zeiten auf dem Felde der chemischen Untersuchung* gewonnen worden. Alle Angaben der verschiedenen Forscher über Eigenschaften und Verhalten aller jemals untersuchten Stoffe finden wir hier nebeneinander aufgeführt und gelangen so auf Grund der größeren oder geringeren Uebereinstimmung zu einer richtigen Erkenntniß über die Sicherheit des Standpunktes der Wissenschaft, von welcher die gewöhnlichen Lehrbücher keine Ahnung geben. Wie der Verleger mittheilt hat Dr. Ure in London ausgerechnet, dass die 903 Seiten des ersten Bandes der vierten Auflage ebenso viele Thatsachen enthalten, wie ein anderes gleichartiges Werk über denselben Gegenstand von 3000 Seiten. *In keinem andern Handbuche finden wir eine so vollständige Angabe der Quellen, wie es denn überhaupt anerkannt ist, daß keine Wissenschaft ein Werk aufzuweisen hat, das sich ihm an die Seite stellen könnte.* **(Zeitschr. f. Ingenieure.)**

Wir glauben, daß es an der Zeit sein dürfte auf ein Werk aufmerksam zu machen, welches schon in seiner früheren Auflage *Epoche in der chemischen Literatur* gemacht hat, wir meinen das Gmelin'sche Handbuch der Chemie. . . . . In der That, *eine ganze große Bibliothek ist in diesem Werk nicht blos dem Namen der Bücher, sondern deren wesentlicher Substanz nach enthalten!*

(Augsburger Allgem. Zeitg.)

Gmelin's Handbuch der Chemie hat einen Weltruf, es ist ein bleibendes Denkmal ausdauernder Forschung und kritischer Sichtung einer Unzahl von Thatsachen und Theorien, den Ergebnissen der Arbeiten von Hunderten von Forschern. *Es gibt kein chemisches Werk, worin die gesammte wissenschaftliche Literatur so gründlich berücksichtigt, so treu berichtet und so zweckmäßig und methodisch behandelt ist.* **(American Journal of Pharmacy.)**

Kein Abschnitt das seiner Zeit unübertroffenen Handbuches von Gmelin bedurfte so sehr der Erneuerung, wie der allgemeine, die physikalische Chemie enthaltende erste Theil (ersten Bandes erste Abtheilung) . . . . . . Indem sich der Berichterstatter eine zusammenfassende Würdigung der ganzen ersten Abtheilung bis zum Erscheinen derselben vorbehält, glaubt er doch jetzt schon derselben das *günstigste Prognostikon* stellen und die Ueberzeugung aussprechen zu dürfen, daß Gmelin's Werk neu verjüngt aus solcher Bearbeitung hervorgehen wird. . . . . . Daß unter solchen Umständen ein neuer bis auf die letzte Zeit fortgeführter Gmelin, der den Chemikern Zeit und Mühe spart, und zugleich den *Grad von Verläßlichkeit giebt, den man an dem ganzen Werke gewohnt ist,* ein geradezu freudiges Ereigniß für die Laboratorien ist, glaube ich behaupten zu dürfen.

(Jenaer Literaturzeitung).

Die Bedeutung und den eminenten wissenschaftlichen Werth des jedem einigermaßen gebildeten Chemiker wohlbekannten Gmelin-Kraut'schen Handbuches des Breiteren auseinandersetzen wollen, hieße Eulen nach Athen tragen, — wir begnügen uns zu sagen, daß *keine Nation bis jetzt demselben ein ebenbürtiges Werk an die Seite zu setzen hat.* **(Pharmac. Zeitschrift für Russland).**

„Jeder, der sich mit Chemie beschäftigt, muß gegen den Verfasser mit dem größten Dank erfüllt sein für die *unschätzbare Bereicherung,* welche der Chemie in

dem Handbuche geworden ist. *Das Buch macht im Sinne des Worts eine ganze Bibliothek entbehrlich*, da es in der gedrängtesten Kürze und Vollständigkeit alle in der Journal-Literatur zerstreuten Thatsachen, welche den Körper der Wissenschaft ausmachen, systematisch geordnet enthält. *Der Fleiß, die Gewissenhaftigkeit, Sorgfalt und Geduld des Verfassers erregt die größte Bewunderung. Ich glaube nicht, daß eine andere Nation ein Werk aufzuweisen hat, das dem Gmelin'schen an die Seite gestellt werden kann*, oder einen Mann, der einen so großen Umfang von Kenntnissen in sich vereinigt und den Muth und die Kraft zu einer so kolossalen Arbeit in sich trägt. Das *größte Verdienst* hat sich Gmelin unstreitig dadurch erworben, *daß er bei widersprechenden Angaben durch eigene Versuche* überall berichtigend, verbessernd und erläuternd mit eingreift. Jeder, der sich nur flüchtig mit dem Buche bekannt macht, wird es nicht wieder aus den Händen geben."

(Aus einem Briefe **Justus v. Liebig's.**)

„Aufrichtig freue ich mich, in der durch K. Krant herausgegebenen sechsten Auflage von L. Gmelin's Handbuch der anorganischen Chemie zusammen mit dem früher für es befolgten Plane auch Gmelin's erfolgreiches Streben wiederzufinden, *das Ganze der zur Zeit erlangten chemischen Kenntnisse in objectiver Weise darzulegen*; und in vollem Maße verspricht auch diese Erneuerung des Werkes, welches bereits in den vorausgegangenen Auflagen so viel genützt hat und den Chemikern ein *wahrhaft unentbehrliches Handbuch* geworden ist, Jedem, welcher von dem auf dem Gebiete der Chemie erlangten Wissen und allen dahin einschlagenden Einzelheiten Kenntniß zu nehmen hat, eine zuverlässige und bis zu der Publikation der betreffenden Abtheilung vollständige Auskunft zu gewähren."

(Aus einem Briefe des Herrn Geh. Hofraths **H. Kopp** in Heidelberg.)

Auf gleich günstige Weise haben sich die namhaftesten Chemiker, wie *Mitscherlich*, *Rammelsberg*, *Fuchs*, *Wöhler*, *Bunsen*, *Ure*, *Will*, *Fresenius*, *Duflos* u. A. ausgesprochen; die *Cavendish Society* hat eine von *Henry Watts* besorgte englische Uebersetzung des *anorganischen und organischen* Theils veranstaltet und es ist noch nicht leicht einem andern Werke solch' allgemeine Anerkennung der competentesten Fachgenossen zu Theil geworden.

Die **Organische Chemie** in fünf Bänden mit Supplementband oder neun Abtheilungen nebst **ausführlichem alphabetischem Register** ist jetzt in vierter Auflage vollständig erschienen und noch, soweit der dazu bestimmte Vorrath reicht, zum **ermässigten, aber widerruflichen Preis von 75 Mark** (statt 120 Mark 40 Pfg.) durch alle Buchhandlungen zu beziehen.

Unterzeichneter bestellt hiermit bei der Buchhandlung

....

Gmelin-Kraut's anorganische Chemie *in drei Bänden. Sechste umgearbeitete Auflage.* Herausgegeben von Dr. *Karl Kraut,* Professor der Chemie an der polytechnischen Schule zu Hannover. *Ausgabe in sechs Abtheilungen.* **Heidelberg, Carl Winter's Universitätsbuchhandlung.**

Gmelin-Kraut's organische Chemie in fünf Bänden und Supplementband oder neun Abtheilungen mit vollständigem alphabetischem Register. *Vierte Auflage. Wohlfeile Ausgabe* für die Abonnenten auf die 6. Auflage der anorganischen Chemie (statt 120 M. 40 Pf.) für **75 Mark.**

Ort und Datum: **Namen und Adresse:**

....

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

Zur Photochemie der Netzhaut.

Von **W. Kühne.**

Zweiter Abdruck.

In einer vor Kurzem erschienenen Mittheilung an die Berliner Akademie (Sitzung vom 12. Nov. 1876) veröffentlicht Herr ***Fr. Boll*** die schöne und ohne Zweifel überaus folgenschwere Entdeckung, dass die Stäbchenschicht der Retina aller Geschöpfe im lebenden Zustande nicht farblos sei, wie man bisher meinte, sondern purpurroth. Im Leben, sagt *Boll*, werde die Eigenfarbe der Netzhaut beständig durch das ins Auge fallende Licht verzehrt, in der Dunkelheit wieder hergestellt und im Tode halte sie sich nur einige Augenblicke. Im Hellen verweilende Thiere seien darum weniger geeignet, die Lebensfarbe der Retina erkennen zu lassen, und von der Sonne vor dem Tode *längere Zeit* geblendete Thiere zeigten sie ganz entfärbt. Hiermit ist die Beziehung der Retinafärbung zum Lichte einerseits, zum Lebens- oder Ueberlebenszustande andrerseits ausgesprochen.

Wer immer sich mit der Retina beschäftigt hat, wird durch die *Boll*'sche Entdeckung nicht ohne heilsame Erkenntniss der Grenzen seines Talentes daran erinnert sein, dass er Aehnliches schon gesehen habe, vielleicht auch des räthselhaften Blutgerinnsels, das auf oder unter der Retina plötzlich nicht wieder zu finden war, gedenken. Was da übersehen worden, dürfte nichts Geringeres, als den Schlüssel zum Geheimniss der Nervenerregung

durch Licht enthalten, oder die erste Thatsache, welche in der Retina photochemische Processe aufdeckt.

Als ich zur Prüfung des Factums schritt, hielt ich, bestärkt durch *Boll's* Mittheilung, die grösste Eile beim Ablösen des Bulbus und Herausnehmen der Netzhaut für geboten; aber ich habe mich gleich überzeugt, dass man sich dazu beliebig Zeit lassen darf, denn der **Sehpurpur** besteht ganz unabhängig vom physiologisch frischen Zustande der Netzhaut und wird dort auch im Tode **nur** durch Licht gebleicht. Bei guter Gasbeleuchtung kann man mit aller Musse die Retina ausbreiten und sehr langsam verblassen sehen, denn was sich am hellen Tageslichte in einer halben Minute vollzieht, dauert hier 20—30 Minuten, also viel länger, als *Boll* das Stadium des Ueberlebens zugibt, und im Dunkeln oder im Scheine der Natronflamme vergeht der Purpur überhaupt nicht, wenigstens nicht in 24—48 Stunden, weder beim Frosch noch beim Kaninchen, trotz deutlicher Fäulniss.

Somit war der Weg zu Versuchen mit dem Sehpurpur von manchen Hindernissen gesäubert: man nimmt alle Präparationen in einer schwarzen, nur von Natronlicht erhellten Kammer vor und trägt das Object dann in's diffuse Tageslicht. Weniger vollkommen, doch auch zum Ziele führend, dient ein Zimmer, wie es die Photographen zum Entwickeln brauchen, dessen Lichtzugänge mit gelbem Glas oder Papier verstellt sind.

Da man nicht wissen kann, wie lange die Stäbchen oder deren Theilchen nach dem Tode überlebend sind, habe ich Netzhäute vom Frosche in der Natronkammer mit den verschiedensten, ihre Structur und Mischung, ohne Frage, stark ändernden Mitteln behandelt, um zu sehen, ob die Färbung und Lichtempfindlichkeit darunter leide. Aufgehoben wurde die Farbe bei 100° C., durch Alkohol, Eisessig, concentrirteste und 10 procentige Natronlauge, nicht verändert in NaCl von 0,5 %, nicht durch starkes NH_3, Sodalösung, gesättigtes NaCl, Alaun, Bleiacetat, Essigsäure von

2 %, Gerbsäure von 2 ‰, 24stündiges Liegen in Glycerin, in Aether, Eintrocknen auf einer Glasplatte. In allen letzteren Fällen fand sich die Retina, an das Tageslicht gebracht, noch roth und verblasste dann mehr oder minder rasch, indem der Purpur in 1—10 Minuten in Chamois überging, von dem endlich kaum etwas zu bemerken blieb. Natürlich hängt die Sättigung der Farbe von dem sonstigen Zustande der Retina ab, ob sie glasig-hell oder milchig-weiss ist. Ist sie opak, so hat man Gelegenheit, sich von der Richtigkeit der *Boll*'schen Angabe zu überzeugen, dass die äussere, also wesentlich den Stäbchen zugehörige Schicht gefärbt ist, denn eine undurchsichtige Retina sieht von vorn weiss und nur hinten roth aus. Am schönsten wird die Farbe nach NH_3-Wirkung, welche die Netzhaut sehr durchsichtig macht, und gerade dieses Roth hält dem Lichte 10—20 mal länger Stand, als das unveränderter Netzhäute, gleiche Beleuchtung vorausgesetzt. Sehr lange hält sich ferner die Färbung der getrockneten Membran, doch weicht auch sie allmählig dem Lichte.

Aus dem genannten Verfahren der Präparation farbiger Netzhäute sieht man schon, dass nicht alles Licht den Sehpurpur bleicht. Die photochemisch wenig wirksamen Strahlen der Linie D lassen ihn unberührt, auch lassen nur stärker geröthete Netzhäute (von Rana temporaria z. B.) im Natriumlichte eine Spur davon erkennen. Die Netzhaut lebender Kaninchen in solchem annähernd monochromen Lichte, mit dem Augenspiegel betrachtet, sieht bläulich weiss, etwas perlmutterglänzend aus, mit schwarzen, wie mit Tinte gezeichneten, erstaunlich deutlichen Gefässen; ein albinotisches Kaninchenauge, seitlich davon beleuchtet, zeigt die Pupille schwarz. Man kann daher das so leicht intensiv herzustellende Natriumlicht nachdrücklich zu feineren ophthalmoskopischen Untersuchungen empfehlen.

Um zu sehen, welches Licht den Purpur bleiche, brachte ich Netzhäute, auf Glasplatten ausgebreitet, in geschwärzte, feuchte

Kammern, bedeckte sie mit einem Deckglase, auf das ich millimeterbreite Staniolstreifchen klebte, und setzte farbige Glasplatten oder Bechergläser mit farbigen Lösungen darüber. Zum Roth wurde Blutlösung von solcher Concentration genommen, dass man im Absorptionsspectrum kein Gelb und Orange mehr sah; ferner Platten, die auch etwas Violett durchliessen, für Blau Kupferoxydammoniak, für Grün farbige Plattensätze, deren Spectrum nur aus einem schmalen, grünen Bande bestand. Es zeigte sich unter dem Blute überhaupt kein Ausbleichen, unter dem rothen Glase erst nach 6 Stunden Anzeichen davon, im blauen Lichte Erbleichen nach 2 Stunden, im grünen nach 4—5 Stunden. Natürlich können solche Versuche wegen der geringen und nicht vergleichbaren Lichtintensität keine genaueren Aufschlüsse über das Problem geben, aber es erhellt daraus wohl die augenscheinlich kräftigere Wirkung der brechbareren Strahlen, besonders des blauen Lichtes. Hob man von den gebleichten Präparaten das Deckglas ab, so erschien da, wo der Staniolstreif sie geschützt hatte, ein schönes Band unveränderten Purpurs, also ein positives Photogramm. So wenig wie mit Blutroth habe ich im Lithiumlichte den Purpur zu ändern vermocht, während Magnesiumlicht ihn, wie zu erwarten, rasch entfärbte. Einmal irgendwie entfärbt, kehrte der Purpur weder im Dunkeln, noch in andersfarbigem Lichte, noch beim Erwärmen, oder in den ultrarothen Strahlen hinter berusstem Glase, das die Sonne beschien, zurück.

Nachdem ich die angeführten Versuche, wie *Boll* empfiehlt, mit im Dunkeln gehaltenen Thieren angestellt hatte, war ich gespannt zu sehen, wie eine Retina aussehen würde, welche unmittelbar nach Belichtung des Auges am lebenden Frosche in der Gelbkammer so schnell, wie denkbar hergerichtet worden. Im Sinne *Boll*'s hatte ich erwartet, sie erkennbar gebleicht zu finden, aber ich fand sie so roth, wie die andern. Der Aufenthalt der Thiere vor den Versuchen im Dunkeln ist also unnöthig.

Da das Tageslicht bei bewölktem Himmel, obwohl zum Mikroskopiren ganz gut, nicht sehr intensiv war, versuchte ich die Blendung mit Magnesiumlicht, aber auch Das liess mich im Stich. Ich meine daher, dass *Boll* den von ihm erwähnten Misserfolg, der ihn einmal beim Demonstriren der Sache störte, mit Unrecht dem Umstande zuschreibt, dass die Frösche im Hellen gehalten waren; es kann nur an der Belichtung während des Herrichtens gelegen haben, wenn er seine Präparate anscheinend gleich ausgeblichen fand.

Um zu sehen, woran es liege, dass der Sehpurpur im physiologischen Schacte unverändert blieb, brachte ich die eine Retina eines Frosches isolirt auf eine Glasplatte, während ich die andere im exstirpirten Bulbus liess, den ich jedoch durch einen Aequatorialschnitt weit geöffnet hatte. Beide Präparate wurden hierauf an das wieder nicht sehr helle Tageslicht gebracht und darin so lange gelassen, bis das erste vollkommen entfärbt war; dann wurde das zweite ins Natronzimmer zurückgebracht, die Retina herausgezogen, auf Glas gelegt und von Neuem dem gewöhnlichen Lichte ausgesetzt; sie war dunkelroth und erblasste nun schnell. Als der Himmel sich nicht klärte, habe ich dieselben Versuche mit der Magnesiumlampe gemacht und immer gefunden, dass der Sehpurpur sich erhielt, so lange die Retina im Auge auf der Chorioïdes, sonst aber nackt, nur hinter capillaren Schichten des Glaskörpers Luft und Licht ausgesetzt blieb. Ich habe den Versuch am folgenden Tage, als die Mittagssonne kaum bedeckt und so blendend war, dass ich nicht hinzusehen vermochte, angestellt, indem ich das halbirte und entleerte Froschauge 4 Minuten bescheinen liess und selbst dann noch rothe Fleckchen in der chamoisfarbenen Retina gefunden, während nur die Ränder völlig ausgeblieben waren. Ein ganzer Bulbus, den ich mit den nöthigen Wendungen 25 Minuten demselben Sonnenlichte ausgesetzt hatte, zeigte auch noch schwachrothe Stellen neben viel

Chamois, indess war während der Blendung die Pupille ziemlich eng geworden. Da ich bei diesen Versuchen die Ausbreitung der Netzhäute im Natronlichte vornahm, könnte man glauben, dass die darauf verwendete kurze Zeit photochemischer Ruhe irgendwie Rückkehr des Purpurs veranlasst habe. Dem ist aber nicht so, denn wenn man das halbirte Auge, weitaus genügend um eine isolirte Netzhaut zu bleichen, gegen das Tageslicht hält und bei fortdauernder Beleuchtung die Retina mit raschem Griffe herauszieht, so wird man sie immer im ersten Momente prächtig roth finden. Wie man sieht, muss ich mit besonderem Nachdrucke *Boll*'s Angabe, dass im Lebenden erst längere Blendung im direkten Sonnenlichte die Netzhaut ausbleiche, bekräftigen, aber ich kann doch hinzufügen, dass Frösche, die mehrere Tage in Glaskästen, an einer sonnigen Stelle, im Freien gehalten waren, endlich farblose Netzhäute hatten. Was ich also für *Boll*'s Erfahrungen „in einem mässig hellen Zimmer" nicht in seinem Sinne deute, würde ich für grössere Lichtintensitäten mit ihm übereinstimmend auffassen.

Hält man die photochemischen Vorgänge auf der herausgenommenen Retina für das Abbild Dessen, was sich im lebenden Auge vollzieht, so wird man sich vorstellen, dass beim Sehen fortwährend Sehpurpur zerstört und durch irgend welche Vorgänge wieder hergestellt werde, wie es *Boll* schon als Vermuthung ausgesprochen hat. Die Erfahrungen der Augenärzte dürften den Regenerationsvorgang zunächst in der Ernährung durch das circulirende Blut suchen lassen, womit man die meisten derartigen Processe sich klar zu machen liebt. Indess ist die Sache weniger verwickelt. Das den Sehpurpur Restituirende liegt näher und kann beim Frosche gar nicht in der stetigen Bluterneuerung liegen, weil sein Auge ausgeschnitten, und eröffnet dieselbe schein-

bare Indifferenz gegen Licht bekundet, wie im Zusammenhange mit dem ganzen Leibe und dem Ernährungsstrome. Wenn also die Hypothese von der Restitution der lichtempfindlichen Elemente richtig ist, so muss sie von Dem ausgehen, was hinter oder an den Stäbchen liegt, also vom Retinaepithel oder der Chorioïdea. Da muss Etwas stecken, das den Purpur entweder am Bleichen hindert oder neuen schafft. Es liegt zwar der Gedanke nicht fern, dass das Pigment etwas mit der Sache zu thun habe, weil intensivere Wirkung des Lichtes zu erwarten ist, wenn die von vorn beleuchtete Netzhaut auch noch Licht von hinten erhält, wie es beim Ausbreiten auf einer weissen Fläche geschieht, als wenn sie dem sammetschwarzen, natürlichen Grunde anliegt; dass sie dies aber so lange und so sicher schützen werde, wie man es in Wahrheit sieht, war gar nicht anzunehmen. Ich habe auch nicht finden können, dass es viel für die Entfärbungszeit verschlug, wenn ich die Netzhaut mit der Stäbchenseite nach unten auf eine matt geschwärzte Fläche glatt auspinselte, und die folgenden Versuche werden hoffentlich erkennen lassen, dass man den Grund für die unzweifelhafte stete Erneuerung der lichtempfindlichen Substanz in etwas ganz Anderem suchen müsse, als in dem bekanntlich bei Albinos gar nicht vorkommenden, bei vielen Thieren hinter einem Tapetum liegenden Pigmente.

Um sich zu überzeugen, dass es nur die Chorioïdes mit dem Retinaepithel ist, welche den Purpur vor dem Bleichen im Lichte schützt, nehme man die Netzhaut so heraus, dass einige schwarze Fetzen daran bleiben, breite sie auf ein dünnes Deckglas aus und exponire nach allen Seiten. Die Forderung ist unschwer zu erfüllen, wenn man den Bulbus so ausschneidet, dass er am Opticuseintritte ein Loch bekommt, denn damit wird die Stelle beseitigt, die dem Herausziehen der inneren Häute Widerstand leistet, und vom so hergerichteten, halbirten Bulbus wird es darum leicht gelingen, die Netzhaut faltenlos zur Ausbreitung zu bringen, falls

man noch Meridianschnitte hinzufügt. Es kommt auf diese Kleinigkeiten Einiges an, weil das Pigment an unsauberen und faltigen Objecten den Lichtzutritt zu den betreffenden Netzhautstellen wirklich verhindern würde. Zieht man jetzt von dem völlig gebleichten Präparate die schwarzen Fetzen ab, so wird man Das, was darunter ist, intensiv gefärbt finden. Ein anderer Versuch, der dasselbe demonstrirt, besteht darin, dass man den halbirten Bulbus bis zur Vorwulstung ordentlicher Netzhautfalten zerrt, das Licht hineinscheinen lässt und dann rasch die ganze Retina abzieht: wo die Falten waren, finden sich weisse Streifen, während alles Uebrige noch roth ist.

Nun wurde folgender Versuch gemacht: die Netzhaut wurde am äquatorialen Schnittrande in einiger Ausdehnung gefasst, sehr vorsichtig gut zur Hälfte von Pigmentlager abgehoben, zur Stütze ein dünner Porzellansplitter untergeschoben und das Ganze bis zum völligen Ausbleichen dem Tageslichte ausgesetzt. Natürlich war die Entfärbung nur von dem abgehobenen Lappen zu constatiren, da von dem Sehpurpur in der schwarzen, spiegelnden Hohlschaale des Augengrundes nichts zu erkennen ist. Im Natronlichte liess ich nun sogleich das entfärbte Netzhautstück langsam gegen seine natürliche Unterlage zurücksinken, einige Minuten darauf liegen, wobei ich mich überzeugte, dass mein Vorhaben ohne störende Faltenbildungen gelungen war, und jetzt zog ich die ganze Retina ab: sie war überall gleichmässig roth und liess nicht einmal eine Zone erkennen, nach der man die beiden Hälften hätte unterscheiden können. Eine vom Lichte gebleichte Netzhaut wird also durch Berührung mit ihrer natürlichen Unterlage wieder purpurfarben. Es erübrigte noch, den ganzen Versuch im wirksamen Lichte zu machen, und auch Das gelang, aber die restituirte Hälfte war etwas blasser als die andere. Ich zweifle nicht, dass diese Versuche Jedermann gelingen werden, ja, ich gehe noch einen Schritt weiter und empfehle das Herausschneiden

eines Lappens, Bleichen auf dem Teller, Zurücklegen auf das entblösste Pigment, wobei man sehen wird, dass jedes normal angelegte Stück seinen Purpur wieder gewinnt. Die Regeneration ist mir auf solche Weise öfter so gut gelungen, dass ich mich ernstlich veranlasst fand, mit einem Stückchen Seidenpapier nachzusehen, ob der Augenbecher nicht eine kleine rothe Pfütze einschliesse; doch kam der Schnitzel wohl feucht, aber ohne Farbe heraus.

Am Froschauge sind solche Versuche mit aller Sorgfalt ohne Eile auszuführen; da aber die Regeneration des Sehpurpurs, anders als die Färbung an sich und ihre Lichtempfindlichkeit, die Action lebender Gewebe voraussetzt, so versagen sie, wenn diese wirklich aufgehört haben, zu überleben. Ich habe Froschaugen in 0,5 procentigem NaCl 10 Minuten auf 43° C. erwärmt, darauf halbirt, dem Lichte ausgesetzt und die Netzhäute dann immer weiss gefunden. Da so erwärmte Augen unbeleuchtet noch rothe Netzhäute haben, so waren sie also durch das Licht entfärbt. Dasselbe geschah in Augen, die innerhalb Tagesfrist bei etwa 20° C. abgestorben waren. Es bleibe hier nicht unerwähnt, dass die Misserfolge an cadaverösen Augen wiederum beweisen, wie das Pigment, im gewöhnlichen optischen Sinne genommen, für die Erhaltung des Sehpurpurs bedeutungslos ist.

Wenn es bei der Regeneration des Purpurs auf eine überlebende Unterlage der Stäbchen ankommt, so ist vorauszusetzen, dass die schnell zersetzlichen Organe von Säugethieren zu diesen Versuchen wenig geeignet sind. Allerdings scheint hier Eile nöthig, aber es ist mir doch sehr wohl gelungen, an Stücken der hintern Bulbushälfte des Kaninchens die Retina nach 2 Minuten langer Beleuchtung, die vollauf genügte, ein isolirtes Stück bis auf die Blutgefässstreifen auszubleichen, noch prächtig roth abzuziehen. Auch beim albinotischen Kaninchen, wo die Umstände besonders günstig scheinen mussten, meine ich den Farbenunterschied zwi-

schen einem natürlich gelagerten und einem abgezogenen Retinastücke erkennen zu können, besonders wenn das erstere, nach dem Verbleichen des andern, ebenso auf Porzellan ausgebreitet wird. Indess kann ich mich darüber nicht mit voller Sicherheit aussprechen, weil die Netzhäute der mir grade zu Gebote gewesenen Exemplare dieser hier z. Z. schwer zu erwerbenden Varietät, trotz längeren Aufenthaltes im Dunkeln, keinen recht intensiven Purpur und nach der Lichtwirkung eine wenig veränderliche, blasse Orangefärbung im Auge zeigten, die an Säugethiernetzhäuten überhaupt nicht ganz unbekannt sein mag. Es dürfte um so mehr von Interesse sein, diese, vielleicht schon von vornherein neben dem Purpur vorhandene Farbe zu untersuchen, als *Boll* die sehr wichtige Bemerkung macht, dass in der Froschretina auch grünlich-blaue Stäbchen vorkommen; dass es auch albinotische Augen mit sehr entwickeltem Purpur gibt, sah ich später bei Experimenten, über die ich zu anderer Gelegenheit berichte.

Ich komme nach der letzterwähnten Versuchsreihe wiederum zu dem Schlusse, dass man nicht an der Existenz des Sehpurpurs und an seiner Vergänglichkeit im Licht, sondern an seiner Aechtheit gegen Licht das Ueberleben des äussersten Sehapparats erkennt, und ich denke, dass man es im Froschauge erkennen und so lange constatiren kann, steht in erfreulicher Uebereinstimmung mit Herrn *Holmgreen*'s schönen Versuchen über Retinaströme und deren Aenderung während der Reizung durch Licht. (*F. Holmgreen.* Upsala Läkareförenings Förhandlingar 1871. ref. im Centralbl. f. d. med. Wiss. 1871. S. 423 u. 438.)

Welche Theile der Chorioïdea die den Purpur herstellenden seien, ist z. Z. nur zu vermuthen; wahrscheinlich wird man dieselben weniger in der Aderhaut, als in dem mit Recht zur Retina gezählten Epithel, dessen Zellen die Stäbchen umgreifen, suchen müssen. Damit verbunden, verhält sich die Netzhaut

nicht nur wie eine photographische Platte, sondern wie eine ganze photographische Werkstatt, worin der Arbeiter durch Auftragen neuen lichtempfindlichen Materials die Platte immer wieder vorbereitet und zugleich das alte Bild verwischt.

Nachschrift.

Die Annales d'Oculistique T. LXXVII., p. 81 enthalten einen den vorstehenden Aufsatz betreffenden Bericht, gez. *E. W.* (Warlomont), der eine Abweisung von meiner Seite verdient.

Herr *W.* reproducirt in französischer Uebersetzung ein Referat von *Gamgee* in der Zeitschrift „Nature“ und knüpft daran folgende Bemerkung: Tout le mérite de la découverte de la coloration propre de la rétine appartient à M. le professeur *Boll*, avec toutes ses conséquences dont *M. Kühne* nous paraît s'être prématurément emparé. M. *Boll* avait évidemment entrevu toutes ces conséquences, et il eût été de bon goût, nous semble-t-il, de lui laisser le temps de les dérouler à l'aise. C'est donc sans droit, que nous voyons déjà dès à présent, la presse parler, à propos de ce fait, „des découvertes de MM. *Boll* et *Kühne*“ et le nom de ce dernier associé à celui du seul inventeur.

Offenbar kennt der Verfasser weder *Boll*'s noch meine Mittheilung im Original, wie es der Leser von einem Berichterstatter, der solche Urtheile fällt, voraussetzt, wenn er ihn nicht für leichtsinnig halten soll. Da sich Herr *W.* bei seinem Vorgehen der Pflicht, die Originale zu lesen, für überhoben hielt, so ist ihm erstens entgangen, dass seine Reclamationen bei Niemandem schlechter angebracht waren, als bei mir, der Herrn *Boll* sachlich gerechter wurde, als Irgendeiner es vermag, und zweitens vollständig von ihm übersehen, dass in der Frage auf zwei ganz getrennten Ge-

bieten gearbeitet wurde, indem ich das von Herrn *Boll* gewählte Feld zum Nachweise der Lichtempfindlichkeit der Netzhautfarbe gar nicht betreten habe, sondern auf demjenigen vorging, das ich mir durch eine fundamentale Berichtigung *Boll*'s erst geschaffen hatte.

Wer die Originalmittheilung kennt, weiss, dass *Boll* die Beziehungen der Stäbchenfarbe zum Lichte ausschliesslich begründet durch die Beobachtung im diffusen Tageslichte erblasster und im direkten Sonnenlichte durch **längere** Blendung entfärbter Netzhäute lebender Frösche und dass sein Zusatz, die Farbe werde beständig durch das in's Auge fallende Licht verzehrt, im Dunkeln wieder erneuert, im ersteren Punkte keine Thatsache, sondern eine Hypothese ist. Wir haben zu warten, bis *Boll* eingehend beweist, dass die ungemein langsame Ausbleichung bei lebenden Fröschen die Beziehung des Purpurs zum Sehacte aufdeckt. Sollte das ohne Benutzung meiner Funde, nicht geschehen können, so wird es gleichwohl *Boll*'s Verdienst bleiben, Beziehungen der Stäbchenfarbe zum Lichte zuerst und unter sehr ungünstigen Verhältnissen gefunden zu haben. Für wie gross dieses Verdienst zu halten sei, dürfte ich besser, als Herr *W.* ausgesprochen haben, indem ich auf Diejenigen wies, welche Jahre zuvor das Stäbchenroth mit seiner Vergänglichkeit erkannt und nichts damit anzufangen gewusst hatten.

Dem gegenüber habe ich durch den Beweis, dass an der **isolirten** Netzhaut nur das Licht den Purpur entfärbt und momentan bleicht, jene Bedeutung der Farbe für das Sehen auf einem neuen, von mir gefundenen Wege festgestellt und ferner aus der Hypothese von der beständigen Purpurzehrung die Thatsache der örtlichen und immer wirkenden Regeneration gemacht, die weit über *Boll*'s Annahmen hinausgeht, welche der auch im Lichte erforderlichen Neubildung der Farbe gar nicht gedenken. Dazu habe ich gefunden, dass die Optographie im

lebenden, wie im todten Säugethierauge durch scharfe Bilder Zeugniss von der Lichtwirkung weniger Minuten ablegt (Centralbl. f. d. med. Wiss. 1877. Nr. 3); ein entscheidender Versuch, den nur Der unternehmen und über ungeahnte Schwierigkeiten hinweg zur Ausführung bringen konnte, welcher wusste, dass Absterben den Purpur nicht verändert. Dass endlich ein durch Licht chemisch veränderlicher, am Orte der Lichtwirkung bleibender **Körper** Ursache der Netzhautfarbe sei, habe ich erst erwiesen und erweisen können, nachdem ich die Bedeutungslosigkeit cadaveröser und vieler anderer Structurveränderungen für die Farbe erkannt und damit zuerst das Recht erworben hatte, der Retina photochemische Processe zuzuschreiben.

Wenn Herr *W.* jetzt meint, das Alles habe *Boll* auch finden können und voraussetzt, dass derselbe sich von dem Irrthume seiner Vorgänger, das Schwinden der Netzhautfarbe hänge mit dem Absterben zusammen, zu befreien wusste, so wird er beim Nachschlagen der Berl. Akad. Berichte zu seiner Ueberraschung bemerken, dass *Boll* mindestens 4 Monate „à l'aise" arbeitete und übersah, was ich in 4 Tagen fand. Er wird dann nicht mehr glauben, dass mit einem derartig berichtigendem Factum und dessen unmittelbaren Consequenzen zurückzuhalten sei, und einsehen, dass hier Schweigen die Wissenschaft um einen raschen Fortschritt gebracht hätte, auf den Niemand verzichten möchte und alle Die nicht verzichtet haben, welche mit Recht weder auf *Boll*'s, noch auf meine Ausführungen warten, um die ophthalmoskopische Sichtbarkeit des Sehpurpurs und dessen Vorkommen im Menschenauge festzustellen. Ueberdies ist der Beweis da, dass *Boll* auch in weiteren 2 Monaten selbständig nicht auf den Versuch kam, eine herausgenommene Netzhaut im Dunkeln zu halten, um zu prüfen, ob sein Vorschlag durch den Verlust der Netzhautfarbe den Tod forensisch festzustellen, empfehlenswerth sei. Herr *W.* möge sich dafür die Mittheilung vom 6. Jan. bei den Linceï

ansehen, wo *Boll* wieder den Weg geht den er betreten musste, wenn er in dem ersten verhängnissvollen Irrthume beharrte.

Vermuthlich wird Herr *W.* jetzt bedauern, indem er mir etwas anzuhängen versuchte, seinen Zweck so verfehlt zu haben und sich in Zukunft besser besinnen, ehe er es wieder unternimmt in der Physiologie mitzureden.

Herr *W.* schliesst: „Deux gamins suivaient un trottoir, l'un d'eux sifflait un air, dont il n'était qu'à la moitié, quand le second se mit à le continuer: Une autre fois, lui dit le premier le regardant très-mécontent, tu voudras bien commencer toi-même." Herr *W.* sucht Beispiele auf der Gasse, bevor er weiss, worauf sie passen sollen; oder er horchte, statt seine Pflicht zu thun und an der Quelle Gewissheit zu suchen, an einem Orte, von dem er erfahren kann, dass er unrein ist.

Ueber den Sehpurpur.

Von W. Kühne.

Die im Eingange des vorigen Aufsatzes ausgesprochene Vermuthung, dass manche Beobachter die rothe Farbe der Netzhaut gesehen hätten, lange bevor sie durch *Boll's* Mittheilungen so hohes Interesse gewonnen, findet in der reichen Literatur über den Bau der Retina Bestätigung. Abgesehen von der bei *Boll* angeführten Entdeckung rother Stäbchen durch *A. Krohn* bei den Cephalopoden, wird ihres Vorkommens zuerst 1851 von *H. Müller* bei Wirbelthieren gedacht. Die Wichtigkeit des Gegenstandes wird eine wörtliche Wiedergabe der wesentlichen Angaben rechtfertigen.

A. Krohn sagt in seinen am 24. Sept. 1839 übergebenen, in den Verhandlungen der Leop. Carol. Akad. Bd. XIX. II. 1842 gedruckten „nachträglichen Bemerkungen über den Bau des Cephalopodenauges" S. 45: „Dicht am schwarzen Streifen sind die Fasern (Sehstäbe) von röthlicher Farbe, an ihrem der Glashaut zugekehrten Ende aber ganz farblos: daher die Transparenz und der rosenröthliche Schimmer der inneren Retinafläche."

Von *V. Hensen* wird dies S. 39 seiner Schrift über das Cephalopodenauge (Leipzig 1865) mit den Worten bestätigt: „in der frischen Retina haben sie (die Stäbe) einen röthlich schimmernden, homogenen Inhalt."

1869 (Archiv f. mikrosk. Anatomie. Bd. II. S. 3) bemerkt *M. Schultze* über das Cephalopodenauge: „die rosenrothe Farbe

beruht auf einer diffusen Färbung der ganzen Dicke der Stäbchenschicht (Taf. I, Fig. 1, farbige Abbildung), ist aber nur an frischen Exemplaren sichtbar, wo ihrer schon *Krohn* Erwähnung thut. Mit dem Mikroskop ist sie nur an dickeren Schichten abgelöster Stäbchen erkennbar.“ Weiter bemerkt *Schultze*, dass er das schönste Rosenroth bei einem fast pigmentfreien, grossen Exemplare von Loligo gesehen habe. Bekannt sind ferner die Beschreibungen und schönen Abbildungen in der Schrift des grossen Retinakenners über die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insekten (Bonn 1868), welche die mächtigen Sehstäbe jener Thiere mit dem Purpur behandeln.

Für die **Wirbelthiere** finden sich die ersten Angaben in den bahnbrechenden Arbeiten von *Heinrich Müller*. 1851 (Zeitschr. f. w. Zoologie. III. S. 234—237) schreibt *Müller*: „Die Stäbchen der Frösche erscheinen an sich selbst, wo sie in einer gewissen Dicke übereinander liegen, etwas röthlich, und man kann ein einzelnes Stäbchen abwechselnd farblos und gefärbt sehen, je nachdem es sich legt oder aufrichtet.“ 1856 (a. a. O. VIII. S. 1—122) kommt *M.* hierauf zurück: „Die Substanz der Stäbchen sieht man, wie ich in meiner ersten Notiz bemerkt habe, öfters röthlich, wenn sie eine gewisse Dicke hat, also wenn ein Stäbchen aufrecht steht, oder viele übereinander liegen. Diese Färbung ist nicht überall gleich, bald stärker, bald schwächer, manchmal unmerklich, und obschon sie auch in ganz frischen Augen vorkommt, möchte sie vielleicht von einer Imbibition mit Blutfarbstoff abhängen. Auch die Färbungen, welche an den Zapfen der Vögel vorkommen, breiten sich durch Imbibition auf die Umgebungen aus.“

Sechs Jahre später sagt *Fr. Leydig* (Lehrb. d. Histologie, 1857, S. 238 u. 239): „Die Stäbchen der Amphibien (Rana, Pelobates z. B.) haben, wenn sie in grösserer Anzahl beisammen liegen, einen rosenrothen, bei manchen Fischen (z. B. Cobitis fossilis) einen

gelblichen Schimmer. Die frische Retina des Frosches z. B. zeigt dem blossen Auge einen lebhaft rothen Atlasschiller.“ Erst 1866 ist hiervon, also von rothen Stäbchen der Wirbelthiere, wieder bei *Max Schultze* (dessen Archiv II. 199) die Rede, mit den Worten: „Ganz ungewöhnlich lange Stäbchen bietet die Ratte dar, deren frisch aufgehobene und mit der Chorioïdalfläche nach oben gelegte Retina einen auffallend deutlichen Atlasglanz mit röthlichem Schimmer zeigt, ähnlich wie die Retina der Eule und des Frosches.“ Ebenda, S. 208, heisst es weiter: „Dieselbe (Retina der Eule) bietet in sehr ausgezeichnetem Grade den röthlichen Atlasglanz dar, der sich bei ungewöhnlicher Länge der Stäbchen auch bei den Säugethieren einstellt.“

Aus diesen Angaben entnimmt man, dass die Untersucher meist Gewicht legen auf den frischen Zustand der Netzhaut, ohne an Beziehungen zum Lichte zu denken, dass die Färbung zum Theil mit der Stäbchenlänge in Verbindung gebracht wird, und die wiederholte Erwähnung des Atlasglanzes und der Schillerfarbe lässt bei den meisten Beobachtern den Gedanken vermuthen, dass sie die Erscheinung weniger auf Farbstoffe, als auf Interferenz beziehen. Aehnliches findet sich bei *Boll* direkt ausgesprochen, indem er die Färbung geradezu als Zeichen des Ueberlebens auffasst, dagegen Untersuchungen in Aussicht nimmt über die Frage, ob sie durch Interferenz oder durch einen Farbstoff, also durch eine besondere Substanz bedingt sei.

Ohne sagen zu wollen, dass die Retinaliteratur nicht mehr Angaben über das Stäbchenroth aufweise, erwähne ich schliesslich der Arbeiten von *E. Rose* über die Wirkung der Santonsäure, in denen von einer röthlichen und grauröthlichen Färbung der Kaninchenretina die Rede ist, die ich auf den Sehpurpur meine beziehen zu müssen (Virchow's Archiv. Bd. XVIII. 15 u. 16).

Die Fortsetzung der Untersuchungen über den Sehpurpur an dieser Stelle hat nicht den besondern Zweck, seiner Verbreitung in der Thierreihe systematisch nachzugehen, um so weniger, als die vorhandenen Angaben keinen Zweifel über die Häufigkeit des Vorkommens gestatten: zahlreiche Wirbellose besitzen rothe Stäbchen und unter den Wirbelthieren ist die Färbung bei den Amphibien, bei einem Nachtvogel und bei Säugern, ausserdem, wie *Boll* ausführt, bei der Taube, den Knorpel- und Knochenfischen erkannt.

Mit der Erkenntniss der Lichtempfindlichkeit des Sehpurpurs hat sich vielfach, wie ich dies zahlreichen Zuschriften und anderen Aeusserungen entnehmen muss, die Ansicht ausgebildet, dass man nun ziemlich genau wisse, wie die Erregung der Opticusenden durch Licht zu Stande komme. Ich kann dieser Meinung nur sehr bedingt beipflichten, obwohl ich mir zum Zwecke weiterer Untersuchung die sich Jedermann aufdrängende Hypothese bilden musste, dass die verschiedenen Insolationsprodukte des Sehpurpurs, nämlich der orange, der gelbe, und besonders der farblose Stoff chemische Reize für die Opticusenden seien, während der ursprüngliche Sehpurpur das unwirksamere, dieselben nicht afficirende Medium darstelle. Ich möchte jedoch die Hypothese nicht aussprechen ohne die Warnung daran zu knüpfen, dass man sich in dem Sehpurpur nicht die einzige lichtempfindliche Substanz der Netzhaut denke. Dass die Bewegung des Lichtäthers in der Netzhaut in chemische Processe übergehe, ist ein Gedanke, der seit Jahren in der Luft liegt, auch wo man keine Ahnung vom Sehpurpur hatte, und nichts berechtigt zur Annahme, dass die dafür vorauszusetzenden Stoffe uns alle durch die Farbe kenntlich seien. Man muss es für einen besonderen Glücksfall halten, dass einer davon uns durch diese Eigenschaft zugänglich wurde. Es ist erst zu erweisen, dass man mit ausgeblichenem Purpur schon blind sei und es bleibt noch festzustellen, ob alle Sehorgane mit Purpur ausgestattet sind.

Eine zweite vielgehörte Annahme betrifft die Bedeutung der Bleichungsprodukte für die Frage nach der Angriffsstelle des Sehnerven durch das Licht, mit a. W. wo man das Ende der Opticusfaser zu vermuthen habe. Man kann sich vorstellen, die feinsten Ausstrahlungen einfach leitender Fasern umgriffen die lichtbrechenden Körper im Innengliede der Stäbchen und begäben sich in das rothe Aussenglied: dann würden die letzten Enden, deren Gleichartigkeit hinsichtlich des Baues, der Mischung und Erregbarkeit mit den Stammfasern und allen echten Nerven beizubehalten bliebe, in einfachster Weise durch die Lichtwirkung in eine mit erregenden Aetzmitteln getränkte Umgebung versetzt. Wenn das richtig ist, sollte man denken, dass die Rückfläche der Retina auch für den frischen Querschnitt des motorischen Froschnerven im Augenblicke der Belichtung zum Reizmittel werde. Ich habe den Versuch seit den ersten Tagen meiner Beschäftigung mit dem Sehpurpur oft und mit den empfindlichsten Präparaten angestellt, unter mannigfacher Abänderung hinsichtlich der Dauer und Intensität der Belichtung und niemals Zuckung des Froschschenkels erfolgen sehen, auch nicht, wenn ein blendender Sonnenstrahl plötzlich ins Dunkelzimmer durch die dem Nerven untergelegte Netzhaut fiel. Da man zweifeln kann, ob ein Nervenquerschnitt, an welchem das Mark die Axencylinder leicht umwallt, so günstig für den Angriff chemischer Reize ist, wie die in den Stäbchen möglichen, feinsten Auffaserungen es sein dürften, habe ich das Bleichen der Retina auf der äussern, wie auf der inneren Hautfläche reflexempfindlicher Frösche vorgenommen, aber stets resultatlos, d. h. ohne Reizung der Hautnerven durch Reflexe kenntlich machen zu können. Obgleich ich die Annahme durch solche Versuche, gegen die manche, augenblicklich nicht weiter zu erörternde Einwände zu erheben sind, nicht für widerlegt halte, meine ich ihr eine andere vorziehen zu müssen.

Wo es auf chemische Reizung empfindender Nerven abgesehen

ist, finden sich überall besondere epitheliale Organe ans Ende der leitenden Faser gefügt, deren gänzliche Abweichung in Bau, Mischung und Erregbarkeit gegenüber der gemeinen Nervenfaser Niemand bezweifelt. So sind die Enden der Geruchs- und Geschmacksnerven vor Allem beschaffen und solches Sinnesepithelium sieht nicht nach einer blossen Umhüllungsmasse durchgehender Nervenfibrillen aus, die etwa als Stiftchen und Härchen über die Oberfläche durchragten. Wäre dem so, so müsste man erwarten, dass da, wo wirklich solche Terminalfibrillen vorkommen, auch gleiche Reizbarkeit walte, und man müsste mittelst der *Cohnheim*'schen Nerven des Corneaepithels Brennen im Auge fühlen, wo wir mit der Nase Moschus oder Rosenöl spüren. Soll man nun für das Opticusende und dessen Sinnesepithel an dem Tage, da wir darin durch Licht chemisch veränderliche Stoffe finden und in der Erregung durch Licht chemische Reizung erblicken, eine Ausnahme machen? Gewiss nicht! Das sogenannte Innenglied der Stäbchen erscheint uns jetzt auch physiologisch als die Sinnesepithelzelle gleich den Riech- und Geschmackszellen, ihre Cuticula, das Aussenglied, als der durch Licht zersetzliche Theil, während der kernhaltige, protoplasmatische Theil zu demjenigen wird, den die Bleichungsprodukte in Erregung versetzten. Hierbei ist der Möglichkeit Raum gelassen, dass ein Faden des Zellenleibes oder eine Fortsetzung flüssigen Materials, das dieser enthält, sich bis weit ans Ende des Aussengliedes als weicher *Ritter*'scher Faden oder als Füllsel eines *Hensen*'schen Canales erstrecke. Wie Riechzellen geändert, erregt werden durch die kleinsten, aller Berechnung spottenden Mengen riechender Stoffe, so kann es der Sehzelle ergehen mit den geringsten Spuren von Bleichungssubstanzen, die in sie gelangen.

In dieser Auffassung der Anfänge der Gesichtsempfindung liegt zugleich eine wünschenswerthe Anknüpfung an die Lehre von der Entwicklung der höheren Sinnesorgane, welche für die Retina

z. B. in der Darstellung von *G. Schwalbe* (Handbuch der Ophthalm. v. *Gräfe* u. *Saemisch*) besonders consequent durchgeführt wurde.

Wer den feineren Bau der Netzhaut kennt, wird hier die Frage aufwerfen, welche Bedeutung bei solchen Voraussetzungen den von *M. Schultze* mit so grosser Sorgfalt untersuchten und als Fäserchen in den Riefen der Stäbchenoberfläche, sowie als Fadenapparat und unter dem Namen von Faserkörben, an den Innengliedern beschriebenen Gebilden noch zukommen könne. Hier wolle man nicht vergessen, dass sich das Retinaepithel soeben als ein physiologisch oder chemisch hochwichtiger Bestandtheil der Netzhaut erwiesen hat, um es kurz zu sagen, als eine purpurzeugende Drüse, deren Zellen wohl kaum einer sehr verwickelten Innervation ermangeln dürften. Ich sehe nicht, dass diese aus andern Quellen, als aus der Nervenmasse der Netzhaut, erregende Fasern erhalten könnten und wenn man weiss, dass die Strähnen der Epithelzellen, in welchen schon vor 10 Jahren *Czerny* (Wien. Akad. Ber. LVI.) rhizopodenartige Fortsätze vermuthete, höchst verschiebbare Gebilde sind, in denen z. B. das Pigment im Leben in auffälligster Weise umherwandert und sich abschichtet, so wird man gern glauben, dass nicht nur die Fadenapparate, Faserkörbe und Belegfäserchen, sondern selbst die durch die Limitans externa tretenden Nadeln *M. Schultze*'s zum Theil etwas mehr, als formenreiche Rindenverdickungen oder Kittmaterie seien, nämlich feinste Nervenfibrillen.

Endlich will ich noch eine Annahme nicht unerwähnt lassen, nach welcher die Veränderung des Sehpurpurs Folge einer Erregung specifisch nervöser Elemente durch das Licht sein könnte. Dagegen spricht vernehmlich genug die Lichtempfindlichkeit jeder todten Netzhaut, aber ehe ich sie kannte, habe ich nicht versäumt, frische Netzhäute vom Frosche im Dunkeln mit jeder Art elektrischer Reizung zu behandeln; der Erfolg war, wie man

ihn jetzt voraussagen muss, ein völlig negativer: der Sehpurpur erblich niemals.

Um nichts unbeachtet zu lassen, mag dazu noch bemerkt werden, dass man an eine specifische Erregbarkeit der Opticusendorgane durch Licht, vielleicht mittelst lichtempfindlicher, aber farbloser Stoffe, die ihrerseits erst den Purpur zersetzten, denken könnte, wenn nicht die Unveränderlichkeit des letzteren gegen die verschiedensten chemischen Eingriffe schon bekannt wäre. Dies schliesst die Wichtigkeit von Versuchen nicht aus, welche neben der Bleichung andere chemische Zersetzungen in der Retina durch Licht darlegen würden, allein ich bin damit nicht glücklich gewesen, insofern das einfachste Mittel, die Lakmusreaction, wenigstens keine Veränderung der Alkalescenz nachwies. Eine frische Froschretina ist nach möglichst vollkommener Abspülung des alkalischen Glaskörpers in NaCl von 0,5 pCt. deutlich alkalisch und macht, auf Lakmuspapier oder *Liebreich*'schen Täfelchen zerdrückt, einen deutlich blauen Fleck. Entsteht der Anschein des Gegentheils, so liegt es an den in die Poren und Dellen ziehenden rothen Stäbchen; wo die Reaction im Umkreise durch Flüssiges bedingt ist, wird man nie das deutlichste Blau vermissen und es am Lichte nicht in Roth übergehen sehen, während man da, wo der rothe Stäbchenbrei die Reaction verdeckte, am Lichte das Blau nachträglich erkennen wird. Zerquetschte ich Netzhäute im Agatschälchen und liess den Brei am Lichte ausbleichen, so zeigte dieser nur alkalische Reaction.

Die vorstehenden Erwägungen veranlassten mich zunächst nachzusehen, ob alle bisher für lichtempfindlich gehaltenen Elemente der Retina Sehpurpur enthielten. Beim Frosche war es mir gleich aufgefallen, dass die Zapfen niemals eine Spur des Purpurs erkennen liessen. Man sieht in einer regelmässig ausgebreiteten

Froschnetzhaut, die man mit der Chorioïdalfläche gegen das Deckglas einer flachen, feuchten Kammer sich ansaugen lässt, die Zapfen bekanntlich bei richtiger Einstellung sehr deutlich zwischen den Stäbchen in der Tiefe stehen, wo sie durch den stark lichtbrechenden Körper ihres Innengliedes besonders kenntlich werden. Ich habe hier röthliche Färbung niemals entdecken können, und wenn höher eingestellt wurde, den Raum zwischen den Stäbchen nie anders, als complementär zum Sehpurpur d. h. bläulichgrün gefunden, grade so, wie die Zwischenräume auch, in denen keine Zapfen stehen. Dieselbe Farbe kommt, wie es *Boll* schon angibt, immer einer gewissen Anzahl von Stäbchen zu, nämlich solchen, die etwas getrübt sind, und welche meist das *Leuwenhoek*'sche Bildchen, welches *Boll* und *M. Schultze* in den Stäbchen des Frosches entworfen fanden, im Gegensatze zu ihren klaren, rothen Nachbarn nicht zeigen, wenn man ein Object zwischen Spiegel und Blendung des Mikroskops schiebt. Die in Grau abgestufte Färbung entsteht erst durch simultanen, nachher verstärkt, durch successiven Contrast und wird auch an Einrissen und Lücken des Präparats unvermeidlich gesehen, falls diese nicht zu gross und besonders falls sie mit etwas Trübem gefüllt sind, das den vollen Durchgang des Lichtes hemmt. Wo sich ferner Stäbchen wie die Halme eines von Wind und Regen getroffenen Kornfeldes um- und niedergelegt haben, was sich dem blossen Auge an der rothen, frischen Retina sogleich durch das Auftreten atlasglänzender Streifen zu erkennen gibt, finden sich im mikroskopischen Anblicke ganze Streifen und Züge von solcher bläulichgrüner Färbung. Die Entstehungsursache dieser prächtig aussehenden Bilder liegt darin, dass die Stäbchen nicht intensiv genug geröthet sind, um den Purpur anders, als in der Richtung der Axe erkennen zu lassen (vergl. *H. Müller* l. c.). Man muss sich zum mindesten sehr eilen, um die Zeit der intensivsten Färbung nicht zu verlieren, wenn man an einzelnen auf der Seite liegenden Froschstäbchen

noch Andeutungen davon erkennen will. Vielleicht ist übrigens ausser dem ungenügenden Querdurchmesser, auch der Glanz beim Anblicke auf den Mantel des Cylinders der Farbenwahrnehmung ungünstig. Man versteht hiernach, weshalb der umgelegte Rand eines Netzhautpräparates nur in dem Falle roth aussieht, wo die Stäbchen in genügender Anzahl übereinander liegen, und weshalb Reihen und Züge umgelegter Stäbchen, die man ohne die rothe Umgebung grau sehen würde, zwischen den als roth erkennbaren durch Contrast bläulichgrün aussehen müssen. Dass die aufrecht stehen gebliebenen Stäbchen, wenn sie die letztere Färbung zu haben scheinen, nicht in Wahrheit gefärbt sind, erkennt man beim Einlegen eines mit wenigen feinen Löchern durchstochenen Scheibchens schwarzer Pappe an die Stelle des Ocularmikrometers; der rothe Grund ist dann verdeckt und man hat es durch Schieben am Object in der Hand, unter den Löchern bald rothe, bald farblos graue, weniger glänzende Stäbchenquerschnitte auftauchen zu lassen. Sind alle Stäbchen ausgeblichen, so bleiben übrigens die complementären, obwohl deren Farbe natürlich mit erloschen ist, immer noch scharf kenntlich an der geringeren Durchsichtigkeit.

Anders steht es um wirklich grüne, gradezu grasgrüne Stäbchen, die in der Froschnetzhaut vorkommen. Diese sind meist durchsichtig, geben das *Leuwenhoek*'sche Bildchen, bleichen etwas langsamer aus, als die rothen, halten der Isolirprobe im Oculardiaphragma Stand, und sind mir gelegentlich isolirt, auf dem Kopfe stehend in voller Farbenpracht begegnet. Ich zweifle nicht, dass *Boll* diese Stäbchen in seiner zweiten Veröffentlichung bei der Acad. d. Linceï v. 7. Jan. d. J., S. 3 u. 4, vornehmlich im Sinne hat, doch bin ich ausser Stande ihr Auftreten in die Beziehung zur Farbe der Belichtung zu bringen, deren *Boll* nach Versuchen an Fröschen, welche unter grünen Gläsern lebten, gedenkt. Bei Dunkelfröschen fand ich diese Stäbchenart auch inconstant.

Da die Aussenglieder der Zapfen in der Froschretina sehr

kurz und schmal zulaufend sind, ist möglicherweise ein wirklich vorhandener Purpurgehalt daran nicht zu erkennen. Ich habe darum Aufschluss gesucht bei der zapfenreichen Netzhaut der Vögel (Taube, Huhn), obwohl hier von den bekannten Pigmentkugeln und andern Färbungen der Zapfeninnenglieder von vorneherein Hindernisse für die Beobachtung zu erwarten waren. Der Erfolg meiner zahlreichen Beobachtungen war ein negativer: diese Vogelretina lässt überhaupt keinen Sehpurpur erkennen. Es ist für meinen Farbensinn, sowie für den aller Personen, denen ich die frischen Netzhäute vorlegte, unmöglich gewesen, eine Aenderung der Farbe im zerstreuten Tages- oder direkten Sonnenlichte wahrzunehmen, weder an dem mittleren, hauptsächlich durch rothe Pigmentkugeln gegen Tageslicht echt gefärbten, noch an dem peripheren, gelblichgrün gefärbten Theile. Da beide Regionen sowohl Stäbchen, wie Zapfen führen und da an der Peripherie die meisten Elemente frei sind von Pigmentkugeln, so meine ich, dass man den Sehpurpur der Vögel sehen müsste, wenn er existirte. Wo in frischen Präparaten ganze Haufen abgelöster Aussenglieder in dicker Schicht zusammenlagen, habe ich nie eine Andeutung von Purpur gesehen. Hiernach würden Taube und Huhn keinen durch Licht veränderlichen Farbstoff in den Aussengliedern haben, und damit wäre erwiesen, dass das Sehen nicht ausschliesslich auf der Anwesenheit eines solchen beruht.

Aus *M. Schultze*'s Entdeckungen über das Auge lichtscheuer Vögel wissen wir, dass intensiv gefärbte Pigmentkugeln nicht allen Vogelnetzhäuten zukommen, und wenn man die wichtige Angabe in der Geschichte der Netzhautmorphologie hin und wieder bezweifelt findet, so liegt dies vermuthlich daran, dass die bescheidene Darstellung des grossen Histologen sich über diesen Punkt nicht absolut genug ausspricht, bei Manchen vielleicht daran, dass sie die Bemerkung, das Eulenauge führe niemals rothe, höchstens blassgelbe Kugeln, nicht mit der Erwähnung des auffallenden Roth

an den Stäbchen, das früher unverstanden bleiben musste, zu reimen vermochten. Im Augenblicke ist gerade die letztere, bei *Schultze* ganz unbefangen erzählte Thatsache, von besonderem Werthe, und ich habe keinen Augenblick gezweifelt, dass sie richtig sei und eine weitere fundamentale Differenz in der Beschaffenheit der Netzhaut von Tag- und Nachtvögeln bezeichne.

In den Besitz einer lebenden Eule (Strix passerina s. Athene noctua *Retzius*) gelangt, bin ich in der Lage *Schultze*'s Fund (Archiv f. mikr. Anat. II.) zu bestätigen. Das Thier wurde mir höchst lebenskräftig Morgens gebracht und verweilte bis zur Decapitation 4 Stunden im Dunkeln. Beim Eröffnen des Auges blieb die Netzhaut pigmentlos am Glaskörper hängen, so dass sie unverletzt vom Sehnerveneintritte abzuschneiden war. Sie zeigte im Natronlichte starke Absorption und sah darin ganz grau aus, was von der ausserordentlich intensiven, etwas ins Bläuliche spielenden Purpurfarbe herrührte, die sich über ihre ganze Rückfläche gleichmässig verbreitete. Ebenso wie *M. Schultze* fand ich die Stäbchen länger als bei allen andern Wirbelthieren und nicht sehr schmal. Zwischen den Stäbchen waren an vielen Stellen Zapfen, mit zarteren, weniger glänzenden, nicht kurz zu nennenden Aussengliedern erkennbar, die freilich höchstens $^1/_4$ der Stäbchenlänge erreichten. Der glänzende Körper an der Grenze der Innenglieder war ungefärbt. Im Lichte blich der Purpur nicht schneller aus, als bei andern Thieren, wobei er in Orange von ziemlicher Haltbarkeit überging, das hier, wie überall nur an den Stäbchen haftete. Wenn *M. Schultze* äusserte, die Eule habe nur weniger intensiv pigmentirte, gelbe Zapfenkugeln und ihr nur die rothen ganz abspricht, so meine ich, dass er sich die Einschränkung angesichts des Orange der ganzen Netzhaut, das ihm nicht entgangen sein konnte, da auferlegte, wo er sich allgemeiner über den Gegenstand ausspricht. Seine Angaben und Abbildungen über Strix aluco und Strix noctua sind jedoch zu positiv, als dass

ich nicht eine Abweichung von den meinigen darin erkennen müsste, denn ich habe an den fraglichen Kugeln der einen Species, wie gesagt, gar keine gelbliche Färbung zu erkennen vermocht; sobald das Orange verblichen war, was in etwa 45 Minuten bei mangelhafter Nachmittagsbeleuchtung geschah, erschien nicht nur die ganze Netzhaut dem blossen Auge farblos, sondern die Kugeln liessen auch jetzt, da man sie ohne farbige Umgebung sah, keine gelbliche Färbung zum Vorschein kommen. Im schwarzen Pigmentepithel, dessen Zellen an der Stäbchenseite mit einem Schopfe ausserordentlich langer Fortsätze versehen sind, fand ich ebenfalls keine durchsichtige Pigmentkugeln.

Bei einer andern Eule, Aluco stridua (Syrnium aluco Linné) fand ich die Netzhaut, welche ebenfalls mit dem Glaskörper pigmentfrei ausschlüpfte und hart am Pecten abriss, mit etwas weniger langen, feinen Stäbchen versehen und entsprechend schwächer, auch weniger gleichmässig in der Purpurfarbe. Die letztere zeigte sich trotzdem vorherrschend violett und ging am Lichte zunächst in blasses Chamois, nicht in Orange oder rein Gelb über, ehe sie ganz verblich. Zwischen den Stäbchen lagen ziemlich viele Zapfen, deren Mehrzahl mit farblosen oder äusserst schwach gelblichen Kügelchen versehen war, während eine kleinere Anzahl deutlich gelbe, selbst orangefarbene, sehr vereinzelt sogar röthliche Färbung besass.

In der Retina eines Thurmfalken (Tinnunculus alandarius Brisson) fand ich nach den Erfahrungen über Abwesenheit des Purpurs bei der Taube und dem Huhn, wider Erwarten reichlich purpurfarbene Stäbchen, aber diese sammt der recht intensiven, violetten Färbung in noch auffälligerer Weise, als beim Waldkauze, streifig und fleckig angeordnet und auf die Stellen beschränkt, welche wenig Zapfen oder solche mit farblosen, bis sehr schwach gefärbten Kugeln enthielten. Wo sich rothe, gelbe und grüngelbe Kugeln führende Zapfen in einiger Menge befanden,

waren die umstehenden Stäbchen farblos. Auf die Foveae der Falkenretina konnte leider nicht zeitig genug geachtet werden, so dass ich keine Angaben über An- oder Abwesenheit des Purpurs an diesen wichtigen Stellen machen kann.

Da sich *Boll* für die Anwesenheit des Purpurs im Taubenauge entscheidet, habe ich mich bemüht, durch Erweiterung des Materials zu grösserer Sicherheit zu kommen. Meine Hoffnung, dass albinotische Lachtauben mit tief rubinrother Pupille vielleicht der störenden Pigmentkugeln entbehrten, hat sich indessen nicht erfüllt, denn ich fand deren Retina nicht verschieden von der andrer Tauben. Die Zapfen enthielten gelbe, gelbgrüne und rothe Pigmentkugeln, die Stäbchen keine erkennbare Spur von Purpur. Wie bei allen Taubennetzhäuten entstand öfter der Anschein blass-fleischrother Färbung an der Stäbchenmosaik, welche zwischen vorwiegend rubinrothen Zapfen lag, jedoch nur dann, wenn das Präparat an diesen Stellen nicht ganz glatt war und die Unveränderlichkeit dieses farbigen Schimmers selbst im Sonnenlichte, schloss die Annahme des Sehpurpurs aus.

Allem Anscheine nach tritt im Vogelauge der Purpur um so mehr zurück, je reicher die Retina an sonstigen beständigen Absorptionsmitteln für farbiges Licht ist, am wenigsten bei den Nacht- und Raubvögeln, gänzlich bei der Taube und dem Huhn.

Ausser der Eule habe ich noch eine Art nächtlicher Thiere auf Sehpurpur untersuchen können. Bei der hier häufigen Fledermaus (Rhinolophus hipposideros Bechst.) habe ich versucht die Farbe der Netzhaut festzustellen. Das Auge dieser Species ist leider so klein, dass man sich begnügen muss, es auf dem Objectträger zu zerschneiden und auseinander zu legen, was natürlich vor unwirksamem Natronlichte und bei streng im Dunkeln gehaltenen Thieren geschah, ein Verfahren, das der Leser bei allen in dieser Abhandlung erörterten Versuchen vorauszusetzen gebeten

wird, wo nicht das Gegentheil gesagt ist. Ich bin noch weiter gegangen und habe diejenigen Thiere, bei denen ich keinen Sehpurpur fand, nach langem Verweilen im Dunkeln mit verbundenem Kopfe getödtet und bei einem grade zum Präpariren ausreichenden Minimum von Licht, oder in blauem Lichte, hinter einer auf Abwesenheit von Roth, Gelb und Grün mit dem Spectrum geprüften Lösung von Kupferoxydammoniak, wo es sich kaum bequemer arbeitete, als im Dunkeln, die Präparation der Augen in grösster Eile vorgenommen, da man nicht wissen konnte, ob nicht Sehfarbstoffe vorkommen, welche weit empfindlicher oder für weniger brechbares Licht zugänglich sind, als der Sehpurpur. Trotz aller solcher Maassregeln hat es mir nicht gelingen wollen an den freilich sehr kleinen Stäbchen der Fledermaus, die bekanntlich keine Zapfen umschliessen, auch nur Andeutungen rother Färbung zu erkennen. Ich muss daher auch für den Fall an der Farblosigkeit der Stäbchen bei der untersuchten Species festhalten, dass bei andern Arten dieser grossen Ordnung, wo dieselben länger sind, wirklich Färbung erkannt werden sollte. Ohne sagen zu wollen, dass echte Stäbchen, die nicht roth sind, zum Sehen ganz untauglich seien, scheint es mir bedenklich wegen ihrer blossen Existenz bei den Fledermäusen auf ein Sehvermögen, wie wir es uns, unserm eigenen ungefähr entsprechend, vorstellen, zu schliessen, seit man aus *Spallanzani's* berühmten Versuchen, die *Brücke* mit Recht in seinen „Vorlesungen über Physiologie“ (Wien 1875) vom Standpunkte heutiger Erkenntniss beleuchtet, weiss, dass diese Thiere mit zerstörten Augen an Geschicklichkeit fast nichts einbüssen. Mit demselben Rechte, mit dem man aus dem Benehmen geblendeter Fledermäuse auf einen erstaunlich feinen Tastsinn, Empfindlichkeit für Strahlung u. dergl. schliesst, kann man auch schliessen, dass sie des Sehens in einer für uns bemerkbaren Weise überhaupt nicht gewohnt und bedürftig sind. Der Unterschied ihres und unseres Gesichtes kann ungefähr so gross sein, wie der zwischen dem Ge-

ruchssinne eines Jagdhundes und dem des Menschen; dann wird es aber begreiflich, wenn man da, wo andere, aussergewöhnlich fein entwickelte Sinne schärferes Sehen entbehrlich machen, einem morphologisch noch ziemlich ausgebildeten Sehapparate begegnet, dem einer der lichtempfindlichen, chemischen Bestandtheile abgeht. Man würde heute den Fledermäusen eher nur vier Sinne zusprechen, als sechs, wie unsere Vorgänger wollten.

Ein anderer Säuger, der vorwiegend im Dunkeln lebt, der Dachs, dessen Auge man im Verhältniss zur Körper- und Kopfgrösse auch klein nennen muss, zeigte mir recht gut ausgebildete Purpurfärbung der Netzhaut. Ich erhielt das Thier lebend, setzte es drei Stunden ins Dunkle und präparirte das Auge sogleich im Natronlichte. Die Netzhaut blich schnell durch Orange und Gelb gehend am Lichte aus. Ich fand die Stäbchen sehr klein, beträchtlich kürzer und schmäler, als beim Kaninchen z. B. Der Augenhintergrund zeigte ein grosses Tapetum von nicht dreieckiger, sondern halbmondförmiger Gestalt, worin sich, dem Centrum etwa entsprechend, nahe der Grenze, aber im hellen Theile, der Opticuseintritt befand. Ausser lebhaftem Atlasglanze war an diesem Tapetum keine farbige Interferenz zu bemerken.

Unter den Fischen könnten der Aal und der Schlammpeitzger als häufige Bewohner dunklen Schlammes für Nachtthiere gelten. *M. Schultze* spricht dies hinsichtlich des Aales aus, von dessen Retina er bemerkt, dass sie nur Stäbchen, keine Zapfen enthalte. Ich habe die Netzhaut bei beiden Fischen, bei Cobitis fossilis nur schwach, beim Aal aber so intensiv purpurfarben gefunden, wie bei keinem anderen Thiere, mit Ausnahme der Eule, der sie darin noch ein wenig nachsteht. Im Lichte wurde sie oft sehr intensiv gelb, worauf *Leydig*'s Angabe über Cobitis zu beziehen sein mag, doch gibt es darin Unterschiede. So sah ich bei einem Aale, der im Dunkeln abgestorben war, den Purpur am Lichte in tiefes Orangegelb übergehen,

das erst nach 2 Tagen und dann noch nicht vollkommen ausblich, während bei einem anderen Exemplare das Gelb schwach zum Vorschein kam und nach einer Stunde bei trübem Himmel ganz verschwunden war. Da die Netzhaut des Aals als zapfenfrei keine Pigmentkugeln enthält und die Stäbchen bei bedeutender Länge ungewöhnlich purpurreich sind, ist eine gewisse Uebereinstimmung mit der Einrichtung im Eulenauge unverkennbar. Ein Exemplar von Petromyzon fluviatilis, das ich untersuchte, zeigte deutliche, wenn auch schwache Purpurfärbung der Netzhaut, die am Lichte verschwand. Das Thier kam jedoch in sehr bedenklichem Zustande in meinen Besitz, so dass ich nicht sicher bin, ob es nicht bereits todt einige Zeit am Lichte gelegen hatte.

Von ganz hervorragender Wichtigkeit ist es ohne Zweifel zu wissen, ob die Zapfen allgemein des Purpurs entbehren. Besteht doch das Sinnesepithel im gelben Fleck des Menschen überwiegend, in der fovea centralis, an der Stelle des deutlichsten Sehens, der sicher auch Farbenempfindlichkeit zukommt, ausschliesslich aus Zapfen.

Bis heute habe ich leider nur ein menschliches Augenpaar von einigermaassen brauchbarer Beschaffenheit untersuchen können. Herr Dr. *Fischer*, Assistenzarzt am Siechenhause in Pforzheim, dem ich dafür zu grossem Danke verpflichtet bin, hatte Vorsorge getroffen während der Agone, etwa 1/2 Minute vor dem Tode (19. März) Schutz gegen Licht herstellen und an der Leiche eine dunkle Binde um den Kopf über die Augen legen zu lassen. So kamen die letzteren am 21. März früh auf die hiesige Anatomie, wo sie sogleich von Dr. *Ewald* unter einem Tuche exstirpirt wurden. Die Cornea war bereits sehr trübe, die Bulbi ziemlich schlaff und mit reichlichem Fett umgeben. Ich öffnete das erste Auge ringsum, etwas vor dem Aequator. Beim Ausschlüpfen des Glaskörpers kam der grössere Theil der hinteren Retinahälfte mit heraus, in weiter Ausdehnung um die Papille abgerissen. Aus

der Natronkammer ans Tageslicht gebracht, zeigte die Rückseite sehr deutliche Purpurfarbe in gleichmässiger Vertheilung, die schnell in Chamois und Gelb überging, schliesslich verschwand. Der am Orte gebliebene Netzhautrest nach Umschneidung des Sehnerveneintritts unter NaCl 0,5 pCt. hervorgebracht, hatte dieselbe Färbung und Lichtempfindlichkeit. Der gelbe Fleck war sehr deutlich erkennbar, dem Gelb kein erkennbares Roth beigemischt. Die fovea centralis war nicht gut zu erkennen, aber sicher an ihrer Stelle kein röthlicher Fleck zu sehen. Im Umkreise des gelben Fleckes erschien die Netzhaut äusserst schwach röthlich, so dass eine kaum farbige, breitere Zone die macula umgab mit diffusem Uebergange in die rötheren Theile. Ebenso verhielten sich die Dinge im andern Auge, dessen Netzhaut nach Halbirung hinter dem Aequator, bis auf den vom Locheisen um die Papille bewirkten, kleinen Ausschnitt ganz unverletzt zu Tage kam. Keiner der Netzhäute hing irgendwo Pigmentepithel an. Da die Augen etwa 48 Stunden alt waren, wird man aus dem Befunde nicht mit Sicherheit schliessen können, dass die zapfenreicheren Netzhautstellen des Menschen wenig Purpur, die ausschliesslich Zapfen führenden der macula lutea und der fovea gar keinen enthalten, so wahrscheinlich es sein mag, denn die Zapfenaussenglieder sind die vergänglichsten und ich kann nicht wissen, ob sie nicht theilweise am Epithel und der Chorioïdes hafteten, während die entsprechenden Stücke der Stäbchen an der Netzhaut blieben. Mikroskopische Untersuchung konnte darüber nicht entscheiden, weil ich die Stäbchen und vollends die Zapfen in der bekannten Weise cadaverös verändert fand. In Rücksicht auf die Farbenblindheit der peripherischen Theile der menschlichen Netzhaut war es von Interesse die Grenze des Purpurs nach vorn zu bestimmen, was an dem zweiten Auge gut gelang. Ich zog unter Salzwasser den ganzen Augeninhalt aus der Sklera und Cornea heraus, worauf sich die Netzhaut von der

Uvea und dem Pigmentepithel bis an die Ora serrata äusserst leicht, von dort bis zur Linse etwas schwerer, erst nach einigem Ziehen, ohne Einrisse trennte. Der zuletzt abgelöste Antheil blieb mit braunem Pigment besetzt, das keine andere Farbe aufkommen liess, und gewiss auch nicht verdeckte, denn der Purpur setzte mit nicht gerade diffuser Grenze rings um die Peripherie der braunen Zone mindestens um 2 mm. nach rückwärts ab. Die Augen gehörten der Leiche einer alten, corpulenten Frau an, deren Linsen gelb und ziemlich weich waren.

Meine Beobachtungen über den Sehpurpur des Menschen sind, wie man sieht, Bestätigungen derer von den Herren *Fuchs* und *Welponer* (Wiener Med. Wochenschft. d. Js. S. 221), *Schenk* und *Zuckerkandl* (Allgem. Wien. Med. Ztg., 13. März 1877), berühren aber hinsichtlich der Verbreitung des Purpurs einen bisher nicht beachteten Umstand von hervorragender Bedeutung, der mich wünschen liess, grössere Sicherheit zu erlangen. Da uns die Gelegenheit nicht wird, ganz frische Augen Hingerichteter zu untersuchen, blieb mir zur Bekämpfung der Zweifel, worin mich die Untersuchung 2 Tage alter, menschlicher Augen lassen musste, nur die Beobachtung am Affen übrig. Durch freundliche Vermittlung des Direktors des zoologischen Gartens in Hamburg, Herrn Dr. *Bolau*, dem ich für die Beschaffung vieler in dieser Arbeit verwendeter Thiere zu besonderem Danke verpflichtet bin, erhielt ich ein gutes, lebendes Exemplar von Macacus cynomolgus. Der Affe wurde nach 24stündigem Aufenthalte im Dunkeln mit Chloroform betäubt, geköpft und die Augen sofort im Natronlichte herausgenommen, unter Salzwasser weiter behandelt, wie die menschlichen Augen. An keinem der beiden Bulbi wollte es glücken, den Glaskörper gut zu entleeren und die Retina nach Umstechung der Papille von der Clorioïdes zu trennen. Ich legte daher sowohl die vorderen, wie die hinteren Abschnitte in Alaun von 4 pCt. und hob die Retina erst 24 Stunden später heraus,

was nun sehr leicht gelang. Beide Netzhäute zeigten blasse Purpurfarbe mit auffälliger Abnahme im Umkreise des gelben Flecks. An dem letzteren, sowie in der fovea war garkein Roth zu erkennen. Mikroskopisch betrachtet fand sich an der einen Retina in der fovea ein sehr kleiner dreieckiger Spalt, gegen welchen die Zapfen mit ihren langen, schmalen Aussengliedern zusammenliefen, was nicht den Eindruck machte, als ob eine Anzahl Zapfen am Epithel sitzen geblieben und herausgefallen wären, sondern mehr wie ein Riss aussah. Am andern Auge war die hintere Fläche der gleichen Retinagegend ganz continuirlich und alle Schnitte, welche hier und von andern Theilen abgehoben wurden, liessen ununterbrochenen Besatz von Stäbchen- und Zapfenaussengliedern erkennen. Der Alaun erzeugt an diesen Gebilden zwar Schrumpfungen, aber man konnte noch sehr gut die Stäbchen von den Zapfen, unter den letzteren die langgestreckten der fovea unterscheiden. Um recht sicher zu gehen wurden schliesslich noch die Epithelflächen des Augengrundes stückweise abgeschabt und auf Aussenglieder untersucht. In dem zweiten Auge, mit unverletzter fovea fand sich davon nichts, im ersten tauchten einzelne, hier und da auch mehrere aneinander geklebte auf. Ich halte nach den Ergebnissen an der ersteren tadellos gehärtet zur Untersuchung gekommenen Retina für erwiesen, dass die fovea centralis und deren nächste Umgebung im Affenauge keinen Sehpurpur enthalten, während ich es für die Peripherie des gelben Fleckes unentschieden lassen muss, ob die dort und im weiteren Umkreise zwischen die Zapfen gestellten Stäbchen purpurführend sind. Beim Affen reicht der Purpur so wenig, wie beim Menschen, bis an die Ora serrata; doch fand ich die rothe Grenze ihr etwas näher und diffuser, als im Menschenauge. Wo die Stäbchen zerstreut oder zwischen bedeutender Ueberzahl von Zapfen liegen, kann begreiflicher Weise jedes intensiv gefärbt und Purpur vorhanden, aber nicht im Aussehen der Fläche erkennbar sein, wenn die Zapfen

farblos sind. Sollten die letzteren trotz der Unsichtbarkeit des Purpurs für unsere Wahrnehmung dennoch Spuren dieser Substanz enthalten, so möge man erwägen, wie gering dieselben sein müssten, wenn sie sich in dem dichten Besatze der ungemein langen Aussenglieder in der fovea dem Nachweise entziehen. — Schattirungen des Purpurs, die der verschiedenen Farbenempfindlichkeit der menschlichen Netzhaut entsprechen könnten, waren, wie schon gesagt, an jener nicht und ebensowenig an der Affennetzhaut zu erkennen.

Wer in die Lage kommt ein frisches menschliches Auge zu untersuchen wird die Abwesenheit des Purpurs an der Stelle des deutlichsten Sehens vermuthlich zur vollkommenen Sicherheit erheben können, und bestätigen, was nach meinen Beobachtungen am Menschenauge und nach dem Analogieschlusse vom Affenauge nur hohen Grad von Wahrscheinlichkeit beanspruchen darf.

Da ich bei *Leydig*, *M. Schultze* u. A. die Angabe fand, dass die Netzhaut der Schlangen nur Zapfen, keine Stäbchen und nirgends Pigmentkugeln enthalte, untersuchte ich das Auge von Tropidonotus natrix, für das ich jenes Verhalten durchaus bestätigen kann. Ich habe eine gute Anzahl solcher Netzhäute durchmustert und daran ausser einem kaum nennenswerthen gelblichen Scheine, der dem Lichte Stand hielt, keine Spur von Röthe entdecken können. Bis heute habe ich keine Netzhaut gefunden, die vollendeter als diese, die Erscheinung der *Leuwenhoek*'schen Bildchen zeigte, was ich hervorhebe, um beiläufig zu beweisen, dass es trotz der Kleinheit dieses Schlangenauges recht gut gelingt, normal ausgebreitete Netzhäute davon herzustellen und dass die Zapfen in der Richtung ihres längsten Durchmessers gut zur Ansicht zu bringen sind. Da dieselben auch so keine röthliche Färbung erkennen lassen, dürfte ihnen der Purpur ganz abzusprechen sein. Hier liegt also wieder eine Netzhaut bei zweifellos gut sehenden Thieren vor, die des Sehpurpurs und aller Sehfarbstoffe

entbehrt. Ebenso beschaffen fand ich die Netzhaut von Coronella laevis.

Weniger schlagend als bei der Schlange, obwohl hier auch unzweifelhaft, vermochte ich den Mangel an Sehpurpur bei einem andern Reptil nachzuweisen. Anguis fragilis hat die bei den Eidechsen bekannten, gelben Pigmentkugeln an der Grenze der Zapfen-Innen- und Aussenglieder neben andern ungefärbten, ähnlich glänzenden Bildungen dieser Art. Da die gelben Kugeln vielerorts weit genug auseinander stehen, kann man nicht im Zweifel sein, dass dazwischen kein Sehpurpur steckt. Ich habe an der Netzhaut lange im Dunkeln gehaltener Blindschleichen auch niemals eine andere, als die schwach gelbliche, durch Licht unveränderliche Farbe wahrnehmen können. Demnach muss ich mich dem Zweifel *Boll's* hinsichtlich des Vorkommens der Purpurfarbe bei den Eidechsen anschliessen.

Sehr ins Auge fallend fand ich die Differenz der purpurnen Stäbchen und der ungefärbten Zapfen in der Retina des Karpfens. Die Netzhaut ist bläulich-purpurfarben, an die des Aals erinnernd, aber man sieht daran gleich mit unbewaffnetem Auge, dass die Färbung musivisch unterbrochen und darum wenig gesättigt ist, was von dem grossen Reichthume der Membran an überall farblosen Zapfen herrührt, die zwischen die rothen Stäbchen eingestreut sind.

Boll's Angabe über den Purpur der Knochenfische wird hiermit bestätigt und ich kann das Gleiche hinzufügen für die Retina eines Knorpelfisches. Freilich war die Netzhaut des mir erst 48 Stunden nach dem Tode, im Dunkelverschluss zugekommenen Haifischkopfes nur ein purpurfarbener Brei, der dem Augengrunde sogleich entschlüpfte und das prachtvolle, wie polirtes Silber glänzende Tapetum aufdeckte. Ich konnte daran jedoch die Haltbarkeit im Dunkeln, das Gelbwerden und schliesslich vollkommene Erbleichen im Lichte constatiren. An einem dieser Augen, das im Dunkeln eine Stunde geöffnet gelegen hatte, sah ich zu meiner

Ueberraschung die Retinamasse von klarer Purpurlösung umflossen, die auf einen Teller ausgegossen, gleiches Verhalten zum Lichte zeigte, wie jene. Ausser den schön irisirenden Krystallen des Tapetalepitheliums, die ich für Guaninkalk halten muss, waren in der Lösung keine farbigen, festen Theile zu sehen.

Bekanntlich besitzen die Tritonen Stäbchen mit schwach conischen Aussengliedern, in denen *M. Schultze* Uebergänge zur Form und Bedeutung der Zapfen vermuthete. Bezeichnender Weise sind diese mächtigen Gebilde immer sehr schwach roth gefärbt. Man ist darum um so mehr erstaunt, hier die geringe Färbung sehr gut an einzelnen, losgelöst umhertreibenden und auf der Seite liegenden Aussengliedern erkennen zu können. Vielleicht beruht das Missverhältniss der in der Axenrichtung betrachtet so wenig intensiven, dagegen im kürzeren Querdurchmesser, freilich nur am unteren dickeren Theile, noch so deutlich kenntlichen Färbung auf Lagerung des Purpurs an der Peripherie der Coni.

Unvergleichlich prächtig ist der Anblick der Retina von Salamandra maculosa mit ihren echten, genau cylindrischen Stäbchenaussengliedern, deren colossale Maasse den intensiveren Purpurschein, gegenüber dem der Froschretina begreiflich machen.

Schliesslich wird hier die Angabe interessiren, dass der Sehpurpur intrauterin entstehen kann, in Stäbchen, welche niemals vom Lichte beschienen wurden. Ich fand die Netzhaut eines Rindsfoetus von 65 Ctm. Länge, der an der Schnauze, auf dem Kopfe, an Schwanz und Füssen Haare hatte, recht deutlich purpurfarben, und während die Farbe am Lichte erst in Gelb überging, dann ganz verschwand, fand ich die Stäbchen als feine, kurze Pallisaden mikroskopisch erkennbar. Es stimmt dies mit *Schultze*'s Angaben, dass schon behaarte Schaafsembryonen die ersten Anlagen der Stäbchenaussenglieder entwickelt zeigen und hinsichtlich des Purpurs mit den Beobachtungen von *Fuchs* und *Welponer* (l. c.) an 7—9monatlichen menschlichen Früchten. Bei einem

Rindsembryo von 44 Ctm., wo ich die Stäbchen vermisste, war keine Färbung der Netzhaut sichtbar, ebensowenig bei neugeborenen Kaninchen, wo ich *Schultze*'s vielfach missverstandenen Fund, dass die Aussenglieder kaum entwickelt sind, bestätigen konnte.

Wenn ich bisher die rothe Netzhautfärbung ganz allgemein als Sehpurpur bezeichnete, so sollte damit gesagt sein, dass sie von einem besonderen, den Stäbchenaussengliedern eigenthümlichen Stoffe, einer Substanz, d. h. einem oder mehreren farbigen chemischen Körpern herrühre. Man konnte daran kaum zweifeln, seit ich gezeigt hatte, wie unabhängig die Stäbchenfarbe von zahlreichen Structurveränderungen des Substrates ist. Was die Farbe der Netzhaut ändert oder aufhebt, muss den Farbstoff, den Sehpurpur selbst angreifen oder zersetzen. In der vorangehenden Abhandlung habe ich eine Reihe solcher Eingriffe aufgezählt, mehr in der Absicht, zu zeigen, dass die Farbe unabhängig von der Structur sei, und dass ihr Wandel durch Licht nicht auf einer Structuränderung der Stäbchen beruhen könne, als mit dem Wunsche die Reactionen des Sehpurpurs festzustellen. Man wird aus den weiter mitzutheilenden Versuchen noch manche Angaben bezüglich der letzteren entnehmen können, so dass ich hier nicht besonders darüber zu berichten brauche.

Obwohl das bekannte thatsächliche Material keinen Anlass zu der Vermuthung gibt, dass das Licht sichtbare Aenderungen des Baues der Stäbchen und andrer Retinatheile erzeuge, habe ich die Gelegenheit, welche die Betrachtung der Farbe so vieler Dunkelpräparate mit sich brachte, nicht unbenutzt gelassen, um gleichzeitig die viel beschriebenen Gestaltsänderungen der Stäbchen hinsichtlich der Mitbetheiligung des Lichtes zu beachten. Ich kann jedoch nur berichten, dass die bekannten Trübungen, Streifenbildungen und das Auftreten mehr oder minder deutlichen Atlasglanzes Veränderungen sind, die an der herausgenommenen

Netzhaut in gleicher Zeit so gut im Dunkeln, wie im Lichte erfolgen und vermuthlich durch osmotische Vorgänge, Spannungsdifferenzen, Gerinnungen und dergleichen entstehen. An der Farbe vermag dies Alles nur insofern etwas zu ändern, als trübe Netzhäute sie weniger gesättigt zeigen und dabei ist hauptsächlich auf den Umstand Gewicht zu legen, dass sich dies schon ereignet zur Zeit der Abnahme des Glanzes und der Lichtbrechung in den Aussengliedern, die das erste Anzeichen des von *M. Schultze* so sorgfältig untersuchten Plättchenzerfalles sind. An der vollkommen frischen Retina ist es ganz unmöglich Andeutungen von Querstreifen der Stäbchen, die den Plättchen entsprächen, zu sehen, etwas, das man in Hinsicht auf die *Zenker*'sche Theorie der Erzeugung stehender Wellen durch die einfallenden und an den Plättchen reflectirten Strahlen betonen muss. Ich bin zwar nicht der Meinung, die Plättchen praeexistirten nicht, denn ihr Auftreten bei so mannigfachen, gut zu übersehenden, chemischen Einwirkungen weist den Gedanken an reine Kunstproducte zurück, aber die Plättchensäule verhält sich im Leben nicht, wie der Plattensatz, dessen *Zenker's* Theorie bedarf, sondern wie einer, der aus Glasplatten mit Balsam zusammengekittet ist, im Tode, wie wenn man den letzteren in Alhohol erweicht und aufgeblättert hätte. Was nach der Leichenzersetzung zum Plattensatze wird, scheint sich zuvor mehr wie ein Glasstab verhalten zu haben. Dennoch scheint das lebende Stäbchen nicht aus relativ dicken Plättchen mit minimaler Zwischensubstanz, sondern aus abwechselnden, etwa gleich dicken und gleich lichtbrechenden, chemisch aber ganz verschiedenen Schichten aufgebaut zu sein. *M. Schultze's* schöne Untersuchungen lehren für die Sehstäbe der Krebse, dass dort mächtige Lagen purpurner, mit eben solchen farbloser Substanz abwechseln, von sehr verschiedenem, in den farbigen überwiegendem Quellungsvermögen.

Wohl zu unterscheiden von der eben genannten, nur für die

isolirte, epithelfreie Netzhaut geltenden Indifferenz der Stäbchenstructur gegen Licht, sind die sehr auffälligen Veränderungen der Letzteren, sowie viele andere, nicht allein den Purpur betreffende Vorgänge, welche sich nach der Belichtung im Auge und am Lebenden nachweisen lassen. Da hier jedoch in der Regeneration mindestens noch ein wichtiger Factor mitwirkt, verzichte ich einstweilen auf eingehendere Mittheilungen über den Gegenstand.

Die Reactionen, welche ich an der Retina untersuchte und jetzt beschreiben will, hatten den Zweck, Lösungsmittel für die Stäbchen oder Antheile derselben herauszubringen, um damit zur Darstellung des Sehpurpurs zu gelangen. Wie viele gute Gründe für die Existenz dieses Körpers sich bereits ergeben hatten, so habe ich mir von Anfang an sagen müssen, dass er in der Luft schwebe, bis man ihn nicht in Lösung oder in fester Form frei von allen geformten Resten des Substrates in der Hand hätte. Dazu konnte ich natürlich nur solche Dinge brauchen, von denen ich in Erfahrung gebracht hatte, dass sie die Farbe im Dunkeln nicht zerstören und es blieb darum vielerlei ausgeschlossen, so ätzende Alkalien, concentrirte Säuren, selbst die verdünntesten Mineralsäuren (HCl), Alkohol.

Frühere Verdauungsversuche (vergl. d. Verhandl. Bd. 1 Hft. 5) mit der Netzhaut hatten mir und *A. Ewald* gezeigt, was seither Dr. *Kuhnt* bei eingehendem Studium verdauter Retinaschnitte im hiesigen Institute vielfach bestätigte, dass alle Stäbchenaussenglieder etwas hinterlassen, vermuthlich eine Hülle, das wegen seiner vollkommenen Unverdaulichkeit in Trypsin, wie in Pepsin-Säure und wegen seines Widerstandes gegen ätzende Alkalien für Neurokeratin zu halten ist, ferner eine in der Verdauung zwar sehr zusammengehende, aber durch Fettglanz kenntlich bleibende Materie, die nur in kochendem Alkohol und in Benzol, nicht in Aether und kaltem Alkohol löslich ist. Das letztere stimmt mit dem Verhalten des Nervenmarkes, das *M. Schultze* den Stäbchen

zuschrieb, überein und rührt dort vom Cerebrin her. Wie man von *M. Schultze* und *Rudneff* weiss, färben sich die Aussenglieder, ähnlich wie Nervenmark, rasch mit OsO_4 dunkel, doch ist hervorzuheben, dass sie nie die eigenthümlich stahlfarbene bis blauschwarze Nuance markhaltiger Nerven annehmen.

Wenn der Sehpurpur an Cerebrin haftete, so meinte ich ihn mit Benzol davon befreien zu können, allein getrocknete oder feuchte Netzhäute des Frosches und vom Rinde, erst vielfach mit Aether, dann mit Benzol extrahirt, gaben nie gefärbte Filtrate, obwohl der Purpur sich nicht verfärbte. Mit Essigsäure oder Salicylsäure, auch Ammoniak enthaltendem Aether wollte gleichfalls kein Purpur in Lösung gehen, ebensowenig mit ätherischen Fettlösungen oder fetthaltigem Benzol. Erwärmen bis 50° C. (das den Purpur nicht zerstört) in reinem Oliven- oder Mandelöl, nachdem die Netzhäute zuvor durch wiederholtes Behandeln mit Aether zum Annehmen des Fettes gebracht worden, war auch ohne Wirkung; ebenso Digeriren mit NH_3, Glycerin, Nelkenöl, Terpenthin, Extrahiren mit Chloroform, Schwefelkohlenstoff u. s. w.

Aus *Rollett's* wichtigen Beobachtungen über das Gefrieren der Blutkörperchen war ein Verfahren der Trennung des Hämoglobins, also eines Farbstoffes, von einem Substrate, das wegen seines Lecithin- und Cerebringehaltes wohl dem Nervenmarke und der Stäbchengrundlage vergleichbar schien, bekannt, welches auf die Isolirung des Sehpurpurs zu führen versprach. Ich liess ein Dutzend frischer Netzhäute vom Frosche im Dunkeln in einer Platinschale sofort bei —13° C. anfrieren, thaute sie viermal, nach erneuetem Frieren wieder auf und besah eine davon mit dem Mikroskop. Die Stäbchen waren stark verändert, etwas verdickt, ums Doppelte verlängert und so zierlich in Plättchen zerfallen, wie ich es selten gesehen hatte. Indem ich eine neue Netzhaut gleich unter dem Deckglase der feuchten Kammer rasch anfrieren und unter dem Mikroskope bei Immersion des Objectivs in einen Glycerintropfen

thauen liess, sah ich, dass die Veränderung ziemlich plötzlich auftritt und wenn ich das Präparat verschob und drückte, klebten die Stäbchen zu schön durchsichtig rothen Klumpen zusammen. Als ich indess meine 11 Netzhäute in der Platinschale, die im Thauen einige Tropfen Feuchtigkeit gezogen hatten, noch mit wenigen Tropfen halbprocentigem NaCl zusammenfrieren und abermals thauen liess, erhielt ich von dem Ganzen durch ein Miniaturfilter ein völlig farbloses Filtrat. Beiläufig mag hier bemerkt werden, dass sowohl die Flüssigkeit, wie der Netzhautklumpen auf dem Filter deutlich alkalisch reagirten und dass der letztere nach dem Ausbleichen im Lichte keine Aenderung seines Verhaltens gegen empfindliches Lakmuspapier zeigte. Da die Stäbchen hier hergegeben haben mussten, was sie Flüssiges enthielten, so ist die Beobachtung eine bestätigende Erweiterung der obigen Angaben (vergl. S. 22) über die Unveränderlichkeit der Retina-Alkalescenz nach Erregung durch Licht.

Ungeachtet des ersten schlechten Erfolges, habe ich weitere, auf die Analogie des chemischen Baues und Verhaltens der rothen Blutkörperchen und des Nervenmarkes mit den rothen Stäbchen, berechnete Versuche vorgenommen, und ich habe sie nicht zu bereuen. Wie die Galle ein Mittel ist zur Lösung der Blutkörperchen, ist sie es auch für das Nervenmark (vergl. *A. Ewald* und *W. Kühne* l. c.) und selbst für frische Axencylinder. Galle löst bekanntlich Lecithin auf und enthält diesen Körper gewöhnlich von vornherein; ebenso löst sie, besonders bei schwachem Erwärmen, wie ich mich überzeugte, das so schwer lösliche Cerebrin. Wie sie aber auf die Stäbchen der Retina wirkt, das muss man sich ansehen, um es nicht wieder zu vergessen. Eine frische Froschretina gegen einen Tropfen Galle ans Deckglas gelegt, kommt sofort in eine sonderbare Bewegung: am Rande schiessen die Stäbchen wie Raketen heraus und wo die Galle an frei bewegliche, abgestossene Augenglie-

der dringt, sieht man diese sich mit einem Rucke plötzlich wie Würmer krümmen, wieder grade richten, in die Länge schiessen, wobei für einen Augenblick erst Längsstreifen, dann die ganze Säule der auseinander fahrenden Plättchen sichtbar werden, endlich gänzlich verschwinden. Es ist oft, wie wenn Geldrollen aus einem Rohre geschossen würden oder einer Kartätsche vergleichbar. Falls der Galletropfen zu klein war, bleiben manche Stäbchen lange unverändert und man hat Gelegenheit, den Vorgang an einzelnen allmählich ablaufen zu sehen. Derselbe kann an einem oder an beiden Enden zugleich, auch in der Mitte beginnen und es geht dem Zerfalle eine schwer zu beschreibende Aenderung in der Lichtbrechung an der betreffenden Stelle voraus. Zuweilen wird in der Axe ein ziemlich dicker, oft mit Anschwellungen versehener Canal sichtbar, auf dem nicht Plättchen, sondern Ringe stecken und da diese wieder in der Richtung des Radius einreissen und Längsstreifen auftreten, so kann man sich wohl eine Structur der Stäbchen vorstellen, wie sie *Hensen* (Virchow's Archiv, Bd. 39, Taf. XII, Fig. 8) zeichnet. Es versteht sich von selbst, dass zu diesen Beobachtungen gereinigte Galle, d. h. die wässrige Lösung krystallisirter, farbloser Rindsgalle zu nehmen ist. Ich empfehle, die Lösung unter Aether aufzubewahren und sie nicht aus trocken conservirten Cholatpräparaten herzustellen, denn es ist mir wiederholt begegnet, so Flüssigkeiten zu erhalten, die trotz richtiger alkalischer Reaction weder Blutkörperchen noch Nervenmark ordentlich auflösten.

Die wichtigste Wirkung der Galle auf die Netzhaut besteht nun in der Lösung des Sehpurpurs und man würde damit bald ans Ziel der Wünsche gelangen, wenn nicht die Stäbchen abgestorbener Säugethieraugen gegen das Mittel widerstandsfähig würden. Die Netzhaut noch warmer Kaninchen- und Rindsaugen gibt zwar den Purpur leicht an Galle ab; als ich aber etwa 30 unter NaCl von 0,5 pCt. sauber herausgenommene, rothe Och-

sennetzhäute, die nur wenige Stunden alt waren, in das Lösungsmittel gethan hatte, musste ich dem Aussehen nach den Purpur wohl für gelöst halten, aber ich erhielt ein kaum gefärbtes Filtrat, das laut Aussage des Spectrums ein wenig Hämoglobin enthielt und am Lichte unveränderlich war. Dem entsprechend sieht man an 24 Stunden feucht erhaltenen Netzhäuten des Frosches die beschriebenen, man möchte sagen, explosiven Wirkungen der Galle nicht, sondern nur einen langsamen Zerfall, freilich mit kaum verschiedenem Enderfolge. Dabei scheint sich aber keine wahre Lösung der Stäbchenmaterien, auf die es ankommt, zu bilden, sondern eine stark gequollene Masse, welche übrigens Filter nicht zu verstopfen pflegt. Ich muss auch bemerken, dass man die frischen Stäbchen, wie sehr es den entgegengesetzten Anschein haben mag, niemals vollkommen mit Galle in Lösung bringt, sondern dass sich immer noch auf sie zu beziehende Reste, vermuthlich zum Theil aus Neurokeratin bestehend, vorfinden, wenn man das Präparat nachträglich mit Wasser verdünnt. Sehr vollkommen und plötzlich werden durch Galle die Zellen des Retinaepithels, im frischen, wie im abgestorbenen Zustande gelöst, deren dunkle Pigmentkörnchen nach allen Richtungen auseinander stieben, beim Frosche mit Hinterlassung der bekannten gelben, glänzenden Tropfen.

Genauere Studien über den Sehpurpur wird man zwar erst beginnen können, wenn ein neues Verfahren der Darstellung aus todten Netzhäuten gefunden sein wird, oder wo man es erreichen kann, in der Nähe eines Schlachthofes die Verarbeitung vieler noch warmer Netzhäute in einer Gelbkammer vorzunehmen. Ochsennetzhäute werden freilich immer den Uebelstand einschliessen, dass etwas Hämoglobin mit dem Sehpurpur in Lösung geht, weil die Gefässe constant Blut zurückhalten. Dies hat mich allerdings nicht verhindert bei den wenigen Ochsenaugen, die mir noch warm gebracht wurden, den Versuch zu machen, und

einige Cub.-Cent. guter, klar filtrirter Purpurlösung zu gewinnen, ich fand es aber doch misslich, dass sie am Lichte nicht vollkommen ausblichen und konnte z. B. nicht entscheiden, ob die immer mehr ins Reinrothe gehende Netzhautfärbung, welche erheblich gegen das rechte Purpurroth, zuweilen bläuliche Roth des Kaninchens und des Frosches absticht, diesem Purpur auch in Lösung zukomme. Vollends muss bei Absorptions- und Bleichungsversuchen im farbigen Lichte das Hämoglobin stören. Ich habe mich daher vorläufig mit Versuchen begnügen müssen, welche mit dem spärlichen und sehr mühsam zu beschaffenden Materiale anzustellen waren, das ich mir aus Kaninchen- und Froschaugen bereitete.

Bevor ich darüber berichte, wird die Mittheilung einiger Versuche, die ich inzwischen mit abgestorbenen Ochsennetzhäuten zur Auffindung anderer Darstellungsmethoden des Sehpurpurs anstellte, passend sein, nicht weil sie schon zu jenem Ziele geführt hätten, sondern weil sie über das Verhalten der merkwürdigen, uns beschäftigenden Substanz weitere Aufschlüsse geben.

Es ist nämlich möglich aus der Netzhaut einen unlöslichen Rest zu bekommen, der nur aus Neurokeratin und Sehpurpur besteht. Zu dem Ende extrahirt man die todten Membranen des Ochsen zuerst mit gereinigter Galle, wäscht mit Wasser aus, hierauf mit Essigsäure von $^1/_2$ pCt., die auf dem Filter durch Waschen mit Wasser möglichst wieder beseitigt wird. Weiter wird der Filterrückstand mit wirksamster Trypsinlösung von 1 p. M. Salicylsäuregehalt bei 40° C. 24 Stunden verdaut[1]), wieder auf ein Filter gespült und ausgewaschen, auf einer Glasplatte ausgebreitet, bei 40° C. getrocknet, mit Aether und mit Benzol extrahirt, das Benzol abdunsten gelassen, mit Wasser befeuchtet

[1]) Da die Salicylsäure für sich oder mit Salzen gemischt den Purpur entfärbt, dürfen die Netzhäute nur mit der vorher fertig gestellten obigen Mischung behandelt werden.

und mit concentrirtem Ammoniak ausgelaugt, dessen letzte Reste man durch Abdunsten und Auswaschen entfernt. Sämmtliche Proceduren sind natürlich im Dunkeln, wo man etwas zu sehen braucht, im Natronlichte vorzunehmen. Was darnach von der Retina zurückbleibt, ist frei von Fetten, Lecithin, Cerebrin, enthält keine Albumine oder Nukleïne, kein Mucin, endlich kein Collagen, weil Trypsin das letztere nach vorgängiger Behandlung mit verdünnter Essigsäure in salicylsaurer Lösung leicht auflöst: es stellt das Neurokeratin des retinalen Nerven- und Epithelapparats dar, an dem der Purpur haftet. Die Farbe dieser Masse ist tief orangeroth und wandelt sich im Lichte in kurzer Frist, bei direktem Sonnenschein in weniger als einer Minute, in farbloses Grau um. Gehörig über Schwefelsäure getrocknet ist sie kaum veränderlich am Lichte, erbleicht aber von Neuem befeuchtet rasch. Man sieht hieraus, wie widerstandsfähig der Sehpurpur ist, wie dieser Körper, dessen Lichtempfindlichkeit vermuthlich die aller bis jetzt bekannten photochemisch zersetzlichen Stoffe übertrifft, Angriffen trotzt, welchen die meisten Bestandtheile der Organismen und viele andere Stoffe erliegen.

Noch mehr: es ist bekannt, dass Vieles, was der Trypsinverdauung widersteht, durch Fäulniss zersetzlich ist; als ich sehen wollte, ob der Sehpurpur alkalischer Trypsinlösung weiche, was er nicht thut, gingen die Mischungen, wie gewöhnlich, nach 5—6 Stunden in Fäulniss über und der Purpur blieb. Ich habe den stinkenden Bacterienbrei darauf wochenlang im Werke erhalten, wobei sich neben dem Purpur etwas schwärzliche Materie absetzte, aber der Purpur war immer noch kenntlich und wenn man etwas von der widerlichen Masse auf einem Teller ausstrich, erblich das Orangeroth am Lichte.

Hinsichtlich der Beschaffung des Materials für derartige Versuche, zu welchen ich etwa je 30 Augen zu nehmen pflege, mag hier im Interesse der Nachuntersuchung erwähnt werden, dass

wir im hiesigen Schlachthause keine Schwierigkeiten finden, die Ochsen mit schwarzen Binden um die Augen versehen zu lassen, bevor andre Vorbereitungen zum Schlachten getroffen sind. Das Herausnehmen der Augen geschieht, mit möglichster Abhaltung des Lichtes, unter einem undurchsichtigen Tuche, worauf sie in einem tiefen, bedeckten Topfe ins Laboratorium getragen werden. Mit dem Beistande eines zuverlässigen Dieners ist mir bis heute noch keine ausgeblichene Ochsenretina unter die Hand gekommen. Um endlich die Netzhaut mit geringstem Verluste zu erhalten, empfehle ich, die Augen äquatorial zu theilen, den Glaskörper mit einem Stosse aus der hintern Hälfte herausfallen zu lassen, mit einem passenden Locheisen, während das Auge auf dem Tische ruht, von innen auf die Papille zu drücken, wobei die Retina im Umkreise des Sehnerveneintrittes einen Cirkelschnitt erhält und sie zuletzt unter NaCl von 0,5 pCt. mit möglichst feinen Hakenpincetten abzuziehen. Dabei hat man am Rande einer auf dem Tapetum liegenden Stelle zu beginnen und sich vor Einrissen zu hüten, denn wenn die Membran erst in Unordnung gerathen ist, gleitet sie unvermeidlich hie und da über die Pincetten, und die Stäbchen fliessen abgestreift als trüber Brei davon. Ein Versuch, nur die Stäbchen durch Schütteln der Netzhäute mit dünner Salzlösung zu erhalten, scheiterte an der Unfiltrirbarkeit der Masse, die sich auch nicht wieder absetzen wollte.

Ich habe schon gesagt, die Netzhaut der Frösche und Kaninchen verdiene vor der des Ochsen den Vorzug, wo es auf reinen Sehpurpur abgesehen ist. Beim Kaninchen beschränken sich die Blutgefässe bekanntlich auf den Streifen markhaltiger Nervenfasern, der zu beiden Seiten von der Papille abbiegt; man schneidet die im Uebrigen, wie beim Ochsen unter Salzlösung und nach Durchbohrung ihrer Haftstelle mit einem kleinen Locheisen abzuziehende Netzhaut jederseits von jenem Streifen ab. Die Membran zerreisst indess so leicht, dass es immer ein ängst-

liches Geschäft bleibt, sie leidlich herauszubringen. Beim Frosche nehme ich, durch viel Zeitverlust und unnöthige Mühe mit dem winzigen Objecte belehrt, was zugleich die Ausführlichkeit der Mittheilung entschuldigen muss, die Augen und die Netzhaut in folgender Weise heraus: Der Frosch wird nicht zu hoch decapitirt, die Nackenhaut mit einem Tuche gefasst und nach vorn über die Nase hin abgezogen, der Schädel hart hinter den Augen quer abgeschnitten, jederseits unter den Augen der Oberkiefer fortgenommen und der kleine Kopfrest mehr von den Augen, als diese von jenem entfernt. Dann nehme ich das Auge zwischen die Finger, beseitige die Muskeln und knipse mit einer flach gebogenen Scheere, die gut schneiden muss, den Opticus ab, während das Auge derart gedrückt wird, dass sich der Sehnerv etwas nach hinten herauspresst. Man muss es beim Sehnervenschnitte fühlen, dass man den Widerstand der Sklera rasch überwindet, wenn das Auge hinten das unumgänglich nöthige, sehr kleine Loch haben soll, ohne welches die Netzhaut niemals mit einem Zuge glatt herauszubringen ist. Zuletzt wird der Bulbus halbirt und die Retina entleert. Netzhäute, denen Pigment anhaftet, verwerfe man, da es selten möglich ist, die fein vertheilten, schwarzen Körnchen durch das Filter von der Lösung des Sehpurpurs fern zu halten. Wie es scheint, löst sich das zierliche Gefässnetz, das der vorderen Fläche der Froschnetzhaut aufliegt, bei den genannten Präparationen meist ab, oder entblutet, denn ich habe niemals Hämoglobin in den so gewonnenen Purpurlösungen finden können. Um diese letzteren zu erhalten, pflege ich auf 20 Froschnetzhäute 0,5 bis höchstens 1 Cub.-Cent. Cholatlösung, von etwa 5 p. Ct. zu nehmen. Jede Netzhaut kommt sofort hinein, ehe eine neue präparirt wird, und verweilt darin 24 Stunden. Als Gefäss dient ein sehr kleines, kaum 1,5 Cub.-Cent. fassendes Probirröhrchen, worin man sich die Netzhäute langsam senken lässt, ohne zu schütteln. Dem Ansehen nach hat der Purpur in Galle gelöst

geringe Diffusionsgeschwindigkeit, denn man findet nach 24 Stunden auf den Netzhäuten meist eine sehr intensiv gefärbte Zone, mit darüberstehender farbloser Flüssigkeit. Durch langsames Neigen und Aufrichten des Gläschens sucht man darum die Farbe zu vertheilen, was am 2. Tage wiederholt vorzunehmen ist. Endlich wird filtrirt, indem zuerst die klaren, oberen Schichten mittelst feiner Pipetten, die Netzhäute zuletzt, wenn alles Klare durchgegangen ist, auf das Filter gebracht werden. So dauert es etwa 24 Stunden, bis der letzte Tropfen filtrirt ist; hat man die Masse geschüttelt, so filtrirt sie oft gar nicht. Selbstverständlich ist ein Miniaturtrichter mit ganz kleinem Filter zu nehmen. Ich habe mir die Mühe genommen nachzuweisen, dass der Filterrückstand durch Waschen mit farbloser Galle ganz zu entfärben ist, rathe aber nicht durch Auswaschen mehr Purpur darstellen zu wollen, weil mit der schwach gefärbten Spülflüssigkeit nicht viel anzufangen ist, während das roth getränkte Filter und die davon abzunehmenden, firnissartig homogen verklebten Netzhäute zu vielen wichtigen Versuchen brauchbar sind.

Die filtrirte Lösung des Sehpurpurs ist vollkommen klar und von herrlich carminrother Farbe. Anfangs glaubte ich daran etwas bläuliche Fluorescenz wahrzunehmen, doch habe ich Gründe, anzunehmen, dass in den ersten Versuchen, wo ich und Andre sie zu sehen meinten, Spuren schwarzen Epithelpigments die Erscheinung vortäuschten. Am Lichte wird die Lösung erst orange, dann gelb, endlich farblos, wie Wasser. Das eigenthümliche Chamois, das die Netzhäute im Ausbleichen zeigen, kommt in der Purpurlösung oft, aber nicht so deutlich zur Geltung. Im direkten Sonnenlichte erbleicht der gelöste Purpur momentan, in zerstreutem Tageslicht mit sehr verschiedener Geschwindigkeit, augenscheinlich der Lichtintensität entsprechend, merkwürdig langsam zuweilen des Nachmittags, wenn wir unser Auge ebenso stark, selbst mehr davon afficirt glauben, als am Morgen oder Mittags.

Dieser den Photographen sehr bekannte und nicht unverständliche Umstand macht sich übrigens auch beim Bleichen des in der Retina befindlichen Purpurs geltend.

Eingehendere chemische Reactionen mit dem Sehpurpur anzustellen, fehlte es mir bis heute an Zeit und geeignetem Material. Wer die Mühe der Darstellung des Purpurs erwägt, wird nicht überrascht sein, dass ich denselben zunächst in anderer Richtung verwendete, und wer den Nachtheil, den die Gegenwart der Gallensäuren in der Lösung für chemische Versuche mit sich bringt, bedenkt, wird sich nicht wundern, dass ich mit darauf bezüglichen Angaben zurückhalte, bis es mir gelungen sein wird, den Purpur in bequemeren Medien gelöst zu erhalten. Möge darum die Angabe genügen, dass die Purpurlösung auf Milchglasplatten bei 40° C. oder im Exsiccator concentrirt zu einem schön purpurfarbenen Firniss eintrocknet, der in vollkommen trockenem Zustande auch im direkten Sonnenlichte nur äusserst langsam etwas in Orange übergeht und so nicht eher weiter durch Licht veränderlich ist, als bis er wieder etwas Feuchtigkeit angezogen hat. Ganz so verhalten sich die Netzhäute aller Thiere, nur dauert das Trocknen derselben bis zur Haltbarkeit im Lichte bedeutend länger.

An dem Sehpurpur in Lösung war vor Allem die Absorption des Lichtes verschiedener Wellenlängen festzustellen, was bisher an den Netzhäuten mittelst der üblichen spectralanalytischen Methoden sowohl mit durchfallendem, wie im reflectirten Lichte durchaus nicht gelingen wollte. Wiederholt habe ich versucht das Absorptionsspectrum der Netzhaut durch Vorhalten von Glasplatten vor den Spalt des Spectralapparats, auf die ich sie ausbreitete, kennen zu lernen; allein entweder war die Absorption zu schwach, oder es gab so viele horizontale Schatten und Streifen im Bilde, dass nichts deutlich zu erkennen war. Man kann auch nicht einfach Ochsennetzhäute falten oder über ein-

ander schichten, ohne solche Spectralbilder zu bekommen; und dasselbe begegnete mir, wenn ich eine Säule von Froschnetzhäuten zwischen Spalt und Lichtquelle brachte. Ein Versuch die Masse durch Quellenlassen in NH_3, oder durch Einlegen in Glycerin homogener zu machen, war keine Verbesserung.

Die Lösung des Sehpurpurs, vor den Spalt des Apparats gebracht, zeigte in keiner mir verfügbar gewesenen Concentration andere, als diffuse Spectra; die Absorption beginnt schon im Gelb der D-Linien sehr schwach, nimmt bis E, besonders plötzlich im Beginn des Grün zu, dann wieder an der Grenze von Blaugrün und Blau und geht gegen das Violet hin herab. Anfänge, Uebergänge und Ende sind jedoch so ausserordentlich diffus, dass es ohne besondere photometrische Methoden nicht möglich sein dürfte, die Curve besser zu bestimmen. Aus später zu erörternden Gründen war hauptsächlich Gewicht darauf zu legen, ob bei D schon Absorption zu constatiren ist, und ob dieselbe im Violet erheblich abnimmt. Ich glaube für Beides eintreten zu müssen, für das Erstere, weil die gegen Natronlicht gehaltene Retina stark grau aussieht, wenn sie purpurroth ist und bei schwächerer Färbung graue Streifen auf hellem Grunde weist, wenn man die Stäbchen streckenweise fortgepinselt hat; ferner wegen der unzweideutigen Intensitätsschwächung der hellen D-Linie des Natriumspectrums, welche man wahrnimmt, wenn man den Spalt zur einen Hälfte mit dem Purpurgläschen, zur andern mit einem Wasser enthaltenden deckt. Unverkennbar ist der Beginn der Absorption bei Gelb auch im continuirlichen Spectrum der Gasflamme bei schwachem Lichte oder engem Spalte, ebenso bei Anwendung gehörig gedämpften Tageslichtes. Hinsichtlich des Violet liess mich die Untersuchung im Gaslichte anfänglich nicht in Zweifel: ich sah hier die Absorption verglichen mit der in der ganzen Ausdehnung des Blau, beträchtlich geringer, aber als ich das für das violette Ende vortheilhaftere Spectrum des Tageslichtes be-

nutzen wollte, wurde ich zweifelhaft und meinte ich das Gegentheil zu sehen. Der Widerspruch löst sich, wenn man erwägt, dass der Purpur im Tageslichte schnell in Orange bis Gelb umschlägt, denn das war es, was ich im Spectrum sah. Wenn man sich eilt und Tageslicht von grade ausreichender Intensität verwendet, so kann man nicht in Zweifel sein, dass die Purpurlösung anfänglich viel von dessen violetten Strahlen durchlässt; thut sie es nicht, so erkennt das Auge daran ohne weitere Hülfsmittel den Beginn des Umschlagens in Gelb und dem entspricht das spectroskopische Bild, das nun umgekehrt bedeutende Aufhellung vom Gelb bis in's Grünblau hinein, ausser der Beschattung des Violet zeigt. Dieses Verhalten scheint mir nicht unwichtig, weil es die nahe liegende und in vieler Hinsicht verführerisch zusagende Annahme erschwert, dass der Sehpurpur eine Mischung aus zwei praeexistenten Farbstoffen, einem rothgelben und einem blauvioletten etwa, darstelle. Wäre dem so, so begriffe man nicht, weshalb er im ersten Augenblicke der Belichtung so viel Violet durchlässt. Hier wird die Chemie des Sehpurpurs das entscheidende Wort zu sprechen haben.

Gegen das Ende des Ausbleichens sind es nur noch die blauen und violetten Strahlen, welche von der immer heller gelb werdenden Lösung zurückgehalten werden, um am Schlusse der Zersetzung auch wieder zum Vorschein zu kommen. Die Entfärbung ist dann vollendet. Die Lösung sieht aus wie Wasser. Ueber das Verhalten im Ultraviolet wünsche ich mich aus unten zu erörternden Gründen erst nach weiteren Untersuchungen auszusprechen.

Obwohl das Absorptionsspectrum des Sehpurpurs nicht mit den bekannten, an charakteristischen Streifen und Bändern reichen Spectralbildern vieler jetzt näher studirter Farbstoffe und farbigen Lösungen wetteifern kann, wird die Bekanntschaft damit manchen Wink vermitteln können hinsichtlich der Verwandtschaft des Purpurs zu den verschiedenen farbigen Körpern, die im Auge oder

in der Retina vorkommen. Ueberdies belegt nichts die Berechtigung seines Namens besser, als die Thatsache, dass er vornehmlich Roth, Orange und Violet reflectirt oder durchlässt, denn Mischungen aus Violet und Roth sind es ja, welche Purpur heissen und woraus wir Purpur erzeugen. Endlich wird jetzt das Folgende zeigen, dass die Absorption in tieferer Beziehung steht zur chemischen Zersetzung des Absorbenten im farbigen Lichte.

Vom Beginne dieser Untersuchung an, habe ich mir das Ziel gesteckt, über das Verhalten des Sehpurpurs im monochromatischen Lichte ins Reine zu kommen und wenn mir dieses nach 3 Monaten nicht gelungen ist, wie ich es wünschte, so muss der Himmel zum Theil die Schuld übernehmen. Eine unerhört andauernde Bedeckung der Sonne seit den ersten Januartagen liess mich zum Ersatze des Sonnenspectrums nach allen denkbaren Kunstmitteln greifen, obgleich davon nur unvollkommene Erfolge zu erwarten waren. Da indess das lebende Auge selten zu monochromatischer Belichtung kommt, werde ich auch diese Resultate, als für unser Sehen brauchbar, unten mittheilen.

Voraussichtlich war das objective Spectrum das Mittel um die Absorption des Sehpurpurs in der Retina, an dem natürlichen Platze, mit der seiner Lösung vergleichend festzustellen, etwas, das mir unumgänglich schien, schon um die Identität des Eductes und der vorgebildeten Substanz beweisen zu können. Hat man doch wesentlich auf diesem Wege zuerst nachgewiesen, dass das Hämoglobin z. B. der natürliche Farbstoff der rothen Blutkörperchen sei. Meine Erwartung, dass die Dispersion in der Membran, welche die Untersuchung beim Einschieben zwischen Lichtquelle und Prisma verhindert, im objectiven Spectrum nicht stören würde, erfüllte sich sogleich, als ich die auf Milchglas gelegte Froschnetzhaut durch ein mit *Drummond*'schem Lichte erhaltenes Spectrum schob. Die kleine, feuchte Membran, die in Folge ihrer Krümmung und Lagerung auf der Vorderfläche, dem Lichte die

convexe Seite zukehrte und in schwachem Natronlichte einem glitzernden Tropfen glich, nahm im Roth die Farbe des Grundes an, schien im Gelb getrübt und sah, vom Grün bis zum Violet bewegt, wie ein glänzender, schwarzer Nagelkopf aus, während sie im Violet deutlich heller und selbst violetglitzernd wurde. In keinem Theile dieses Spectrums war innerhalb 25 Minuten wesentliche Ausbleichung zu erreichen.

Für Versuche mit dem Sonnenspectrum wurde folgende Einrichtung getroffen. Das vom Spiegel durch den Spalt reflektirte Sonnenlicht traf auf eine achromatische *Steinheil*'sche Linse von hinreichender Apertur, die um das Doppelte ihrer Brennweite hinter den Spalt gerückt war. In halber Brennweite hinter der Linse war ein grosses *Steinheil*'sches gleichschenkliges Flintglasprisma im kleinsten Winkel der Ablenkung aufgestellt. Zum Auffangen des Spectrums am Orte des Spaltbildes dienten Milchglasstreifen, auf die ich die Netzhäute festklebte. Das Letztere gelingt trotz vertikaler Stellung der Unterlage, wenn man die mit der Retina herausgekommene Augenflüssigkeit rings herum sorgfältig absaugt. Unter den Streifen von 10—12 hart aneinander geklebten Netzhäuten wurde ein Papierstreif zum Bezeichnen der *Fraunhofer*'schen Linien und der Grenzen des sichtbaren Theiles befestigt. Bei meiner Einrichtung war das Spectrum 6 Ctm. lang, so dass die erste Retina zur Hälfte im Ultraroth, die letzte meist ganz im Ultraviolet liegen konnte. Derselbe Raum konnte mit 2 Kaninchennetzhäuten, die in Streifen geschnitten, auseinandergelegt waren, reichlich gedeckt werden. Bei einer Höhe des Spectrums von 3 Ctm. liess sich mit jedem Versuche ein zweiter verbinden, indem ein schmaler Ausschnitt beliebig zu wählender Farben durch einen zweiten Spalt oberhalb des Milchglasstreifens durchgelassen und mittelst einer dahinter passend aufgestellten Linse, durch ein zweites Prisma von neuem gebrochen wurde. So bekam ich, ähnlich wie es *Helmholtz* ausführte (vergl. Poggendorffs Ann. Bd. 94 und Physiol.

Optik. S. 264), ein zweites kurzes Spectrum von einer Farbe, dessen Enden jederseits monochromatisches Licht von grosser Reinheit zur Wirkung auf die Retina verwendbar lieferten. Die Intensität ist hier freilich beträchtlich geringer, als im ersten Spectrum. Bei einer Weite des ersten Spaltes von 0,3—0,1 mm., die nach der am Spectrum gut zu bemerkenden Intensität des Sonnenlichtes innerhalb der genannten Grenze zu ändern ist, war die Wirkung des monochromatischen Lichtes für die Versuche genügend; den zweiten Spalt kann man nicht gut enger als 1,5 bis 1 mm. nehmen. Am ersten Spectrum wurde immer Sorge getragen, den die Netzhäute tragenden Streifen so einzustellen, dass die *Fraunhofer*'schen Linien in grosser Zahl und Schärfe auf dem Papiere (auf Milchglas sind sie schlecht zu erkennen) zu sehen waren. Die D-Linie wurde vor dem Versuche mittelst der Natronflamme hinter dem Spalte verstärkt und mit besonderer Sorgfalt notirt.

Da die Netzhäute auch bei Dunkelfröschen starke individuelle Unterschiede zeigen, ist es unerlässlich, sich vor der Wirkung des Spectrallichtes von der gleichmässigen Färbung der ganzen Netzhautreihe durch flüchtiges Betrachten im Tageslichte zu überzeugen, die zu rothen, wie die zu blassen und die zu bläulich-rothen auszuscheiden und durch andere zu ersetzen; auch muss eine Probenetzhaut bei jedem Versuche ganz ausserhalb des Spectrums zum späteren Vergleiche auf die Platte gebracht werden. Ausserdem sind nur Netzhäute mit möglichst geringen Epithel- und schwarzen Pigmentresten, die den Purpur haltbarer machen, zu nehmen, denn ich muss hier bestätigen, was in der vorstehenden Abhandlung als Vermuthung gesagt wurde, dass es wesentlich und allein das Retinaepithel ist, welches den Sehpurpur regenerirt oder die Färbung vor der Zerstörung durch Licht schützt. Netzhäute, denen keine Spur der Chorioïdes, laut Aussage des entleerten Augengrundes mit der heil gebliebenen Uvea, sondern, wie das

Mikroskop zeigt, nur das Pigmentepithel, oder nur die Fortsätze desselben anhaften, zeigen sich in der Färbung so resistent gegen Licht, wie es früher von solchen beschrieben wurde, denen dazu noch die Chorioïdes oder Stücke dieser belassen wurden. Es ist mir darum wahrscheinlich geworden, dass der Purpur der Poekilothermen z. Th. deshalb meist langsamer, als der der Homöothermen ausbleicht, weil man die Netzhaut der ersteren öfter nicht frei von überlebenden, d. h. unzersetzten Antheilen der purpurzeugenden Epithelien erhält. Die Stoffe, auf die es dabei ankommt, scheinen löslich zu sein oder abzufliessen, denn unverkennbar bilden sich rothe Zonen und Streifen im Umkreise der Epithelfetzen während des Ausbleichens, besonders nach Beschattung einer derartigen, eben ausgeblichenen Retina. Auch dürfte hierauf die sonderbare Thatsache zu beziehen sein, dass an den vertical aufgestellten Präparaten immer der untere Rand zuletzt erblasst und dass von einer Reihe sich mit den Rändern berührender, übereinander aufgeklebter Netzhäute die unterste oft viele Minuten später ausbleicht, als die oberste, vorausgesetzt, dass die Belichtung langsam genug wirkt. Von Loslösung und Abrutschen ganzer Stäbchen, was man direkt controliren kann, rührt dies nicht her, schon weil es in Fällen zu erkennen ist, wo die nach aussen dem Lichte zugewendeten Stäbchenflächen im Begriffe sind einzutrocknen. Als letzte Maassregel zur Anstellung beweiskräftiger Versuche mit dem Spectrum bleibt noch anzuführen, dass die Netzhäute gleichmässig feucht zu erhalten sind. Das Eintrocknen hat so grossen Einfluss auf die Bleichungszeit, namentlich in dem Stadium, wo es auf den Uebergang aus Orange in Gelb und Weiss ankommt, und schreitet so sehr viel rascher gegen das rothe Spectralende hin vor, dass dieser Umstand allein zu den schlimmsten Täuschungen führen kann, wo er unbeachtet bleibt. Um ihn zu verhüten, blase ich das Päparat öfter mit einem Sprühröhrchen, wie man es zum Anfrischen der Blumen braucht, an.

Von den an Froschnetzhäuten angestellten Versuchen scheint es mir zweckmässig einen der besten, mit Beachtung aller Cautelen, bei der geringsten Spaltweite und dem reinsten Sonnenlichte durchgeführten, hier ausführlich mitzutheilen.

Den 11. März, 11 Uhr Morgens, bei wolkenlosem, gesättigt blauem Himmel (Frost), werden 10 gleichmässig purpurrothe Netzhäute von Rana temporaria, sich berührend, in einer Linie in folgender Weise im Spectrum orientirt, ausgebreitet:

Nro.	I a.	(erste Hälfte)	im Ultraroth.
„	I b.	(zweite „)	„ Roth.
„	II a.	(erste „)	„ Orange.
„	II b.	(zweite „)	über D hinaus bis zum Anfange von Grüngelb.
„	III	. . . . . .	im Grüngelb und Reingrün, mitten zwischen D und E.
„	IV a.	(erste „)	im Blaugrün.
„	IV b.	(zweite „)	„ Grünblau bis F.
„	V	. . . . . .	„ Cyan } zwischen F und G.
„	VI	. . . . . .	„ Indig (zwischen F und G.)
„	VII	. . . . . .	„ Violet.
„	VIII a.	(erste „)	„ Ende des Violet bis H.
„	VIII b.	(zweite „)	„ Anfang des Ultraviolet.
„	IX, X	. . . . . .	„ Ultraviolet.

Die Absorption beginnt in II b, endet vor VIII a.

11 Uhr 20 Minuten wird der Spalt verdeckt, der Netzhautstreif im Lichte eines Zündholzes betrachtet.

III ist hellchamois, II b, IV, V, VI, VII, in abnehmender Reihe ausgeblichen, also VII noch am stärksten gefärbt. I, VIII, IX, X sind mit der Probenetzhaut verglichen gar nicht abgeblasst.

11 Uhr 45 Min. zweite Besichtigung, wie früher:

III, IV, V sind so gut wie ganz erblichen, VI, VII sehr

blass, aber etwas gefärbter als die vorigen. II b merklich erblasst, I, VIII, IX, X unverändert.

12 Uhr 25 Min. — I, VIII b, IX, X noch roth, I a am intensivsten roth, I b bemerkbare Abnahme des Roth, VIII a ebenso.

12 Uhr 43 Min. — VIII a ganz ausgeblichen, I b im äussersten Viertel nach II hin ganz bleich, sonst chamois.

Der Versuch wird beendet, indem man den Streif im Dunkeln trocknen liess, um ihn möglichst ungestört durch fortschreitendes Ausbleichen, am Tageslichte genauer besehen zu können. So gewährt die Netzhautreihe folgenden Anblick:

I ist rothorange, nur der Rand gegen II hin gelb, II, III, IV, V sind sehr blassgelb, VI, VII auffallend farblos, weiss, wo sich Spuren schwarzen, diffusen Pigments darin finden, mit schwach bläulich-violettem Scheine, VIII a rosachamois, VIII b röthlich-chamois, IX, X ebenso, etwas gesättigter. Selbst IX, X, I sind deutlich in der Färbung zu unterscheiden von der mit getrockneten Probenetzhaut, die noch den richtigen Purpurschein besitzt.

Von dem den Milchglasstreifen überragenden oberen Theile des Spectrums ist ein millimeterbreiter Ausschnitt im Blaugrün durch den zweiten Spalt weiter geleitet auf die zweite Linse-Prismacombination und in das zweite kurze, nur blaugrüne Spectrum sind 2 Froschnetzhäute so gelegt, dass sie zur Hälfte in den bläulicheren Rand hineingreifen. Die Belichtung beginnt 11 Uhr 5 Min. Um 11 Uhr 25 Min. sind die entsprechenden Hälften bemerkbar rothorange geworden, um 11 Uhr 45 Min. sehr deutlich erblasst, aber noch orange, um 12 Uhr 30 Min. chamois.

Nach diesen und anderen Versuchen glaube ich die Wirkung des monochromatischen Lichtes auf den Sehpurpur in folgender Weise feststellen zu müssen:

1) **Monochromatisches Licht verfärbt und bleicht den Sehpurpur wie das weisse Licht, aber beträchtlich langsamer, entsprechend der geringeren Intensität.**

2) **Von dem einfarbigen Lichte wirken mit abnehmender Geschwindigkeit: Grüngelb, Gelbgrün, Grün, Blaugrün, Grünblau, Cyan, Indig, Violet — später reines Gelb, Orange, viel später Ultraviolet und Roth. Das äusserste Roth und das Ultraviolet sind nicht ganz ohne Wirkung, die Anfänge des Ultraviolet wirksamer, als die des erkennbaren Roth.**

3) **Die Uebergangsstufen des Sehpurpurs zu *Weiss,* nämlich die Bleichungsprodukte *Orange, Chamois, Blassgelb* widerstehen dem monochromatischen Lichte am wenigsten im Indig und Violet, im Anfange des Ultraviolet länger als im Cyan bis zum Orange, am meisten im reinen Roth.**

Vielleicht noch schlagender, als auf der Netzhaut des Frosches wird man den Erfolg der spectralen Belichtung auf der des Kaninchens finden. Ich brachte unmittelbar nach dem eben berichteten Versuche die beiden in Salzwasser herausgehobenen Netzhäute eines farbigen Kaninchens, in Streifen zerlegt, ins Spectrum, indem ich darauf achtete, das intensiver gefärbte, schmale Purpurband, das sie enthalten, möglichst gleichmässig auf die Linie zu vertheilen. Die Spaltweite blieb gleich 0,1 mm. Nach 6 Minuten (12 Uhr 56 Min.) war das Stück von D—E schon ausgeblichen, um 1 Uhr bis nach G, um 1 Uhr 30 Min. im Violet und im reinen Roth noch Purpurfärbung zu erkennen, im Violet etwas intensiver; doch war hier die Membran zufällig etwas dicker aufgetragen. Um 1 Uhr 57 Min. war im Roth und Violet und im Anfange des Ultraviolet das Erblassen zu bemerken. Jetzt an's Tageslicht gebracht, erschien der letztere Abschnitt chamois, der erstere röthlich. Auch hier war bis zum Anfange des Indigo eine freilich sehr blassgelbliche Färbung zu bemerken, die deutlich abstach gegen die ganz farblose, dem Indigo und Anfange des Violet entsprechende Gegend.

Am auffälligsten und meinen ersten ohne monochromatische Strahlen des Sonnenlichtes, mit Absorptionsfarben erworbenen Erfahrungen (S. 3 u. 4) am widersprechendsten scheint mir die aus den Spectralbeobachtungen hervorgehende, hocherfreuliche Thatsache, dass dasjenige Licht, das unser Auge im Spectrum am meisten afficirt und darin das intensivste zu sein scheint, nämlich das Grüngelb auch den Sehpurpur zuerst verändert. Im Hinblicke auf die Bedeutung des Factums habe ich es nicht unterlassen, mir von diesem Theile des Spectrums, nach dem schon genannten Verfahren, ein zweites gereinigtes Partialspectrum herzustellen, und hier zeigte sich unzweideutig die stärkste Wirkung an dem Theile einer Froschnetzhaut, der dem am wenigsten grünlichen Ende zugewendet war. Die Wirkung war hier der vorhin geschilderten im blaugrünen Partialspectrum so überlegen, dass sie schon nach 16 Min. erkennbar, in 54 Min. bis zum blassesten Gelb vollendet war. Der Versuch war am 10. März zwischen 12 Uhr 30 Min. und 1 Uhr 30 Min. bei ebenfalls wolkenlosem, aber nicht völlig entschleiertem, mehr weissbläulichem Himmel angestellt worden, wo sich die geringere Intensität des Sonnenlichtes, verglichen mit der des folgenden Tages (siehe oben) an dem viel langsameren Ablaufe der Bleichung, schon im ersten Spectrum bemerkbar machte.

Wie gering der Einfluss des Roth vor Allem, dann der des Violet und Ueberviolet scheinen mag, so ist er zweifellos vorhanden und vermuthlich hinreichend, um auf die Beziehung zur Erregung unseres Lichtsinnes durch diese Farben zu deuten. Dass Theile des Blau und Violet, obwohl langsam bleichend, es um so vollständiger thun, verdient besondere Beachtung. Ich halte weitere Deductionen aus den gewonnenen Thatsachen, welche sich Jedermann in Fülle aufdrängen müssen, z. Z. für unerspriesslich und werde mich ferner bemühen, erst die weniger dankbare, aber nöthigere Arbeit des Ausfüllens thatsächlicher Lücken auf dem sich hier eröffnenden

unermesslichen Gebiete zu versuchen. Mangel an Sonnenlicht und den nöthigen, brechenden Vorrichtungen aus Quarz waren bisher das Hinderniss, eingehendere Versuche über das ultraviolette Licht, die in Hinsicht auf *Helmholtz*'s und *Setschenow*'s Beobachtungen über Fluorescenz der Netzhaut und besonders mit Rücksicht auf die von *Helmholtz* erwiesene direkte Wahrnehmbarkeit der brechbarsten Strahlen des Sonnenlichtes wünschenswerth sind, gehörig in Angriff zu nehmen. Im Vereine mit Herrn *A. Ewald*, der mich bereits bei den vorliegenden Arbeiten in aufopferndster und wirksamster Weise unterstützte, denke ich über diesen, wie über andere Abschnitte der Lehre vom Sehpurpur bald weitere thatsächliche Mittheilungen geben zu können. Inzwischen dürfte das, was die jetzigen Versuche lehren, genügen, an dem Sehpurpur die Eigenschaften finden zu lassen, die einem Körper, der das Sehen durch chemische Reizung vermittelt, zuzutrauen sind. Von unseren weiteren Beobachtungen will ich vorläufig nur erwähnen, dass wir mit fortschreitender Jahreszeit, der veränderten Sonnenstellung entsprechend, die Zeit der monochromatischen Wirkung bereits auf $^1/_3$ der angegebenen verkürzt gefunden haben und dass die für den Sehpurpur aufgestellte Zersetzungsscala sich auch für Spectra mit ganz andrer relativer Ausdehnung der Einzelfarben, als der beschriebenen, bewährte.

Ich komme zu den Erfahrungen über unreines, farbiges Licht. Nachdem sich das spectrale Gelb zu beiden Seiten der Linie D, als wirksam, wenn auch langsam thätig erwiesen, musste ich mir sagen, dass die Natronflamme nicht ganz unwirksam sein könne, obwohl ich mich bei längerem Gebrauche niemals über sie zu beklagen und sie dem Talglichte der Photographen entschieden vorzuziehen gefunden hatte. Stunden- und tagelang hatte ich mich mit Sehpurpur und Netzhäuten in der Natronkammer abgegeben, ohne je Unglück damit zu haben und doch ist es möglich, den Purpur an diesem Lichte auszubleichen. Man braucht

die Retina nur so nahe an die Flamme zu bringen, als es die Strahlung zulässt, am besten unter einem passend geneigten Spiegel oder weissem Papierblatte, um sie nach 1—2 Stunden bis auf ein blasses Gelb ausgeblichen zu finden. Dabei sind der glühende Platindraht und die Sodaperle dem Anblicke der Netzhaut, durch den Schornstein, der seitlich eingeschnitten sein muss, zu entziehen, denn es macht meist einen Unterschied von mehr als 30 Min. zu Gunsten des Bleichens, wenn das davon verbreitete Licht mitwirkt. Andres Licht der verschiedensten Brechbarkeit, das der Natronflamme bekanntlich nicht fehlt, ist unvermeidlich, so dass man aus dem positiven Ergebnisse, das nur den Vortheil hat über den Widerspruch des bisher von mir angenommenen negativen zu beruhigen, nicht sicher schliessen kann, dass es gerade das gelbe Licht sei, welches darin wirkt, so wahrscheinlich es wegen dessen überwiegender Intensität ist. Ich brauche wohl kaum zu bemerken, dass Netzhäute in gleicher Weise, wie an's Natronlicht, vor die blaubrennende *Bunsen*'sche Flamme gebracht, in 2 Stunden keine Farbenänderung erlitten.

Thallium und Indium geben, im *Bunsen*'schen Brenner verdampft, das einzige wirklich monochromatische, künstliche Licht, aber ich habe vergeblich versucht, mit diesen schönen, grünen und blauen Flammen Netzhäute bemerkbar zu ändern; das Licht ist dazu nicht intensiv genug und für stundenlange Belichtung aus Gründen, die man verschweigen darf, nicht zu beschaffen. Bei einem Versuche Thallium in Sauerstoff zu verbrennen, ergab sich, dass das merkwürdige Metall sich mit dem des eisernen Löffels, worin man es legen musste, vollständig legirte und dass es so wenig in O zu entzünden ist, wie Zink.

Meine ersten Versuche über den Einfluss von Absorptionsfarben auf den Sehpurpur liessen vermuthen, dass gemischtes Licht um so schneller die Netzhaut bleiche, je mehr brechbarere Strahlen es enthalte. Dies hat sich für eine grosse Reihe farbiger,

aber nicht einfarbiger Belichtungen bewährt. So bleicht die Froschnetzhaut ausserordentlich schnell an der blendend blauen Flamme, welche in einem mit Stickoxyd gefüllten Cylinder, der einige Tropfen Schwefelkohlenstoff enthält, zu Boden gleitet. Man muss der Flamme mit der Retina von oben nach unten folgen und den Weg an 3—4 Cylindern zurücklegen, um den Purpur zum Verschwinden zu bringen. Dieselben Dienste leistet Verbrennung des Schwefelkohlenstoffs mit Sauerstoff. Von beiden Flammen ist die ausserordentlich schnelle Wirkung auf Chlorknallgas und auf die meisten Präparate der Photographen bekannt. Wird Stickoxyd über Baumwolle geleitet, die mit Schwefelkohlenstoff getränkt ist, und entzündet, so bekommt man eine gelb umsäumte, innen blaue Flamme von weit geringerer Wirksamkeit.

Eine Froschnetzhaut an den engsten, 1 mm. weiten Theil einer *Geissler*'schen Stickstoffröhre gelegt, durch die ich die Funken eines kleinen, mit 6 *Bunsen*'schen Chromsäureelementen armirten Inductoriums schlagen liess, blich in 20 Min. zum Hellchamois aus, also in einer Zeit, die kurz zu nennen ist bei der geringen Intensität der Empfindung, welche uns dieses Licht erzeugt und die den Gedanken erregt, dass das intensive, weit ausgedehnte Ultraviolet darin von Bedeutung sei. An einer Röhre mit Fluorsilicium, die ein schön blaues Licht gibt, worin das Roth sehr schwach, Blau bei weitem am intensivsten, wenig Violet und so wenig Ultraviolet enthalten ist, dass es keine deutliche Chininfluorescenz erregt, wollte es mir nicht gelingen, Sehpurpur oder Netzhäute zu bleichen. In kürzester Frist, in 10 Min. blich dagegen die Netzhaut zu blassem Violet, in 20 Min. bis zur Farblosigkeit aus, vor dem Lichte einer Fluorborröhre. Hier sind zwar alle Farben mit Ausnahme des Blau stark vertreten, aber Violet und Ultraviolet scheinen die intensivsten zu sein und dürften die weissliche Lavendelfarbe bedingen, die man daran sieht. Liess ich das Licht durch eine Schicht Kupferoxydammoniak gehen, die

ich im *Hermann*'schen Hämoskop so lange verstärkte, bis alles vom rothen Ende des Spectrums mit Einschluss des Grünblau absorbirt wurde, so blich die Retina nicht mehr darin aus, obwohl daneben gehaltenes Chininpapier noch deutlich fluorescirte. Ebenso negativ, in Folge des unvermeidlichen Verlustes an Intensität der noch durchgelassenen Strahlen, fiel der Versuch aus, wenn die Kupferlösung vor die Stickstoffröhre gebracht wurde.

Andres farbiges Licht habe ich mir durch absorbirende Lösungen hergestellt, von welchen zwar Diejenigen nicht viel werden wissen wollen, die unter günstigerer Sonne leben, als wir. Mir waren sie bis jetzt, als einziges Mittel Augen und Netzhäute länger in farbiger Beleuchtung zu halten, unentbehrlich und ich habe deshalb alle Mühe aufgewendet, gute durchsichtige Farben herzustellen. Auf gefärbte Gläser wurde wegen der geringeren Auswahl und in Rücksicht auf die Schwierigkeit der Abstufung ganz verzichtet. Violet ohne Blau war auf diesem Wege freilich nicht zu bekommen, denn ich fand kein sog. Violet, das nicht richtiger den Namen Purpur verdient hätte, also Roth durchliess; Roth, Grün und Blau-Violet aber liessen sich von leidlicher Reinheit herstellen: Roth aus Mischungen von Carminsäure (vergl. Rollett, Unters. a. d. Inst. zu Graz. Heft 2, S. 158) und Pikrinsäure (nicht sog. Pikrocarmin), Blau-Violet mit Kupferoxydammoniak, Grün mit Kupfervitriol und Pikrinsäure. Als Lichtquelle wurde zunächst nicht das ausserordentlich schwankende Tageslicht, sondern die auf constantere Helligkeit einzustellende Gasflamme eines Argandbrenners benutzt. Dieselbe war in eine Laterne aus geschwärztem Blech eingeschlossen, welche radiär gerichtete Kammern enthielt, worin die Gläser mit den Lösungen Platz fanden. Sehr zweckmässig fand ich dazu die eckigen Gefässe mit quadratischer Basis von 10 Ctm. Seite, deren man sich in den Hausbatterien für elektrische Schellen bedient. Die Concentration der Lösungen war so ausprobirt, dass man mit dem gegen den

hellsten Theil der Flamme gerichteten Spectroskope das Spectrum soweit, wie wünschenswerth eingeengt fand, beim Roth, wo die Sache keine Umstände macht, bis zum Orange, beim Grün und Blau, wo Farbentäuschungen an den Rändern auftreten, für das erstere, bis einerseits kein Gelb (der Rand erscheint röthlich), andrerseits kein Blau, dessen Rand in's Blaugrün schlägt, gesehen wurde, für das letztere, bis an einem Ende kein Grün, dessen Grenze wieder fälschlich roth wahrgenommen wird, am andern so lange, als das etwas geschwächte Violet noch zu erkennen war. Die Laterne enthielt natürlich, wo sie grünes Licht geben sollte, zwei hintereinander gestellte Gläser, da man Kupfersulfat nicht mit Pikrinsäure mischen kann. Nach aussen waren die Gläser lichtdicht abgeschlossen, bis auf einen Ausschnitt von 6 Ctm. Breite und 10 Ctm. Höhe, vor welchen die Präparate, oder kleine Behälter für lebende Thiere geschoben wurden. Isolirte, feucht erhaltene Netzhäute verhielten sich hier im Wesentlichen so, wie es in meiner ersten Mittheilung (S. 4) berichtet wurde; ich habe nur schnellere Wirkung erzielt, weil ich bei der neuen Einrichtung mit weniger wechselnder Lichtquelle, wo ich nicht gegen die enormen Intensitätsschwankungen des Tageslichtes mit den dunkelsten Lösungen vorbereitet zu sein brauchte, weniger kräftiger Absorption bedurfte. Der Erfolg wurde ausserdem zu beschleunigen gesucht, indem die Netzhäute meist erst in schwacher Salzlösung gespült, von Epithelstoffen möglichst gereinigt und mittelst darüber geneigter Spiegel so kräftig wie möglich belichtet wurden. So fand ich, dass der Sehpurpur im Blau, welches meinem Auge zwar so tief erschien, dass ich darin ungefähr so schlecht, wie im Dunkeln zu operiren vermochte, in 2—3 Stunden ausblich, im Grün, das meinem Auge sehr licht vorkam, in 3—4 Stunden. Im Roth, das höchst brillant leuchtete, war erst nach 16 Stunden die Wirkung deutlich, nach 24 Stunden indess jede Spur von Färbung aus der Netzhaut verschwunden. Eine Eulen-

retina mit höchst entwickelter Purpurfärbung brauchte darin 72 Stunden, um ganz farblos zu werden, und zeigte nach 48 Stunden nicht nur gelbrothe und brandrothe Stellen, sondern auch noch recht bläulichen Purpur. Selbstverständlich blieb das letztere Präparat, wie die übrigen, während der langen Versuchsdauer vor dem Trocknen beständig geschützt. Einige Froschnetzhäute wurden innerhalb des Versuches flüchtig am Tageslicht besehen, die unter Deckglas befindlichen auch mikroskopisch, und ich habe daran constatiren können, dass im Blau das Stadium der Orange- und Gelbfärbung am leichtesten vergeht. Im Anschlusse an *Boll*'s schon erwähnte interessante Entdeckung grüner Stäbchen und an seine merkwürdigen Angaben über deren Vermehrung nach dem Halten lebender Frösche in gewissen farbigen, namentlich grünen Beleuchtungen wurde auf diesen Umstand genauer geachtet, ebenso auf die von mir beschriebenen farblos-grauen, trüben Stäbchen. Was ich sehen konnte war durchaus inconstant; grasgrüne Stäbchen, selbst in ansehnlicher Zahl, sind mir an Präparaten der 3 Beleuchtungen vorgekommen, ebenso die grauen, und wo die Netzhaut vor aller Lichtwirkung im gedämpften Tageslichte durchmustert und noch hinreichend gefärbt an die Laterne gebracht werden konnte, habe ich in dieser Hinsicht keine Aenderung, besonders keine Vermehrung grüner Stäbchen auf Kosten der rothen oder grauen durch das farbige Licht bemerkt. Wohl aber habe ich beobachtet, dass die wirklich grasgrünen Stäbchen im grünen Lichte am längsten aushalten, im blauen und rothen der Reihe nach weniger. Eine vom Dunkelfrosche direkt genommene und schon mit grasgrünen Stäbchen versehene Netzhaut ist darum am geeignetsten zur Demonstration dieser wunderbaren Varietät, wenn sie so lange im grünen Lichte gelegen hat, dass die rothen verblasst sind. Unter welchen Umständen die grünen Stäbchen entstehen, werde ich später erörtern.

Indem ich zum Verhalten des Sehpurpurs im Lebenden über-

gehe, muss ich zunächst an die von mir früher beschriebene Regeneration der photographischen Stäbchenplatte mittelst des Retinaepithels erinnern, ohne welche hier kein Verständniss möglich ist. *Boll* (Ber. d. Berl. Acad. 26. Nov.) sagt: „Die Eigenfarbe der Netzhaut wird intra vitam beständig durch das in's Auge fallende Licht verzehrt. Diffuses Tageslicht macht die Purpurfarbe der Netzhaut erblassen. Längere Einwirkung direkten Sonnenlichtes (Blendung) entfärbt die Retina vollständig. In der Dunkelheit stellt sich die intensive Purpurfärbung alsbald wieder her". — Alles dies bezieht sich auf das Verhalten des Purpurs im Leben, nicht auf die Lichtempfindlichkeit der isolirten Netzhaut, die *Boll* zufällig nicht bemerkte, und nicht auf das durch Regenerationsvorgänge modificirte Verhalten an der mit dem Epithel exstirpirten Retina. Bei der Kürze der eben citirten Sätze, welche die hochwichtigen Vorgänge im Leben betreffen, ist denselben die weiteste und günstigste Auslegung zu geben, also anzunehmen, dass der Verfasser, wo er der Regeneration im Dunkeln gedenkt, Frösche so lange mit gleich ergiebiger Belichtung beider Augen behandelte, bis die Bleichung anzunehmen war, ein Auge exstirpirte und es so besah, dass während der Netzhautpräparation nichts nachträglich erblassen konnte, dann den Frosch in's Dunkle brachte und nach einiger Zeit die Wiederröthung im andern Auge feststellte. So viel ich sehe, gibt es noch den andern, obgleich minder zuverlässigen Weg, den Versuch an verschiedenen Fröschen anzustellen und die einen sogleich, die andern nach einigem Aufenthalte im Dunkeln zu untersuchen. Sind dies die Versuche, so wird sie Jeder mit Berücksichtigung des Folgenden bestätigen können.

Schon das ausgeschnittene, unversehrte Froschauge braucht viel Licht, um Spuren von Veränderungen seines Sehpurpurs erkennen zu lassen (vgl. S. 5), vollends das Auge im Zusammenhange mit seinem Besitzer, also intra vitam. Ohne direktes

Sonnenlicht ist es mir im Zimmer nie gelungen, Froschnetzhäute frei von Sehpurpur zu ziehen, auch nicht, wenn ich die Thiere am Fenster den ganzen Tag unter Gläsern oder an lange Fäden gebunden unbedeckt umherspringen liess. Nur wenn ich die Thiere einige Stunden in gleicher Weise im Freien hielt (im Jan. u. Febr.), kam es dazu, obwohl nicht immer, wie begreiflich, da es Frösche gibt, die sich durch Einziehen der Augen und Schluss der Nickhaut gegen lästiges Licht zu schützen wissen. Gegen direktes Sonnenlicht pflegen sie sonderbarer Weise von dem Schutze geringeren Gebrauch zu machen. Erwägt man den colossalen Intensitätsunterschied des Lichtes unter freiem Himmel und des sog. helle Zimmer erfüllenden, so lässt sich an den lebenden Augen, falls sie innere Schutzmittel gegen das Ausbleichen besitzen, keine andere Veränderung erwarten, als die, welche man in Wahrheit findet: es wird im Zimmer nur bei direktem Sonnenschein zum Ausbleichen kommen. Ich rathe daher, solche Versuche nur im Freien anzustellen und die Frösche auf weisser Unterlage, rings von Glas umgeben, früh hinauszuthun und etwa um Mittag zu untersuchen. So findet man häufig die Netzhaut ganz farblos, nicht einmal schwach gelblich gefärbt, in anderen Fällen hell purpurn, nicht röthlich.

Nach den S. 8 mitgetheilten Beobachtungen über das Zurückkehren des Purpurs abgehobener und gebleichter Netzhäute bei Berührung während weniger Minuten mit der natürlichen Unterlage des an der Chorioïdea gebliebenen Epithels, könnte vermuthet werden, dass die des Purpurs beraubten Frösche denselben nach s e h r k u r z e m Aufenthalte im Dunkeln wieder zeigen würden. Man muss indess nicht vergessen, dass bei der langen und intensiven Belichtung, welche zum Verluste des im Leben und in der Gesammtretina ungemein echten Purpurs nöthig ist, auch die Funktionen des restituirenden Epithels leiden können; der Regenerationsversuch, ganz im L i c h t e durchgeführt,

gibt der Netzhaut nicht die volle vorherige Röthe zurück (vergl. S. 8), um so weniger, je intensiver das Licht ist und Das liegt z. Th. sicher an Veränderungen, die es an der Epithelsubstanz erzeugt. Man ziehe die Netzhaut glatt aus dem Auge, exponire sie bis zur Bleichung und belichte, während die Retina in's Dunkle zurückkehrt, den Augenhintergrund, bei intensivem Lichte, 20—30 Min. weiter. Bringt man die Netzhaut jetzt geschickt auf die alte Unterlage zurück, so wird man sie auch nach stundenlanger Berührung ihrer Stäbchen mit dem Epithel nicht oder kaum wieder geröthet finden. Dies könnte auf Zersetzung (Absterben) der Epithelien beruhen, liegt aber nicht daran, sondern an der Mitwirkung des Lichtes, weil ein gleich langer Aufenthalt des entblössten Epithels im Dunkeln demselben das Regenerationsvermögen kaum merklich raubt, wie es der umgekehrte positive Erfolg des Experimentes zeigt, wenn man nur die Netzhaut dem Tageslichte ausgesetzt hat. Der epitheliale Regenerator ist also auch lichtempfindlich und eine Folge davon ist es, dass man sich mit der Präparation im Dunkeln nicht sehr zu eilen braucht, wenn man an einem in der Sonne um den Sehpurpur gebrachten Frosche die Farblosigkeit seiner Netzhaut feststellen will. Ich wüsste kein einfacheres, regelmässiger zutreffendes und von manueller Geschicklichkeit unabhängigeres Experiment über die Regeneration der Stäbchenplatte durch den ihr angeschmiegten Epithelfilz anzugeben, als das folgende: man setzt einen Frosch einige Stunden in die Sonne, nimmt beide Augen im Dunkeln heraus, und überzeugt sich an dem einen, dass die Netzhaut ganz farblos ist; nach 1—$1^1/_2$ Stunden holt man die des anderen, inzwischen im Dunkeln gelegenen Auges hervor und sieht, dass sie prachtvoll purpurfarben ist. Die Anfänge der Regeneration sah ich meist nach 30 Min., die Vollendung ungefähr in der doppelten Zeit auftreten.

Belehrt über die ausserordentliche Intensität oder entsprechend lange Zeit der Belichtung, deren das Froschauge im

Leben zur Ausbleichung bedarf, konnte ich kaum hoffen, mit dem durch Absorption geschwächten, farbigen Lichte erhebliche Veränderungen zu erhalten. Einige Versuche stellte ich mit meinen Lösungen im Freien an, indem ich dieselben in ringsum geschwärzte sog. Krystallisationsschaalen von hinreichender Höhe goss, an denen nur der Boden durchsichtig gelassen war. Darunter sass der Frosch in einer Porzellanschaale, die mit einem Sammetrande lichtdicht gegen den Boden des Farbenbehälters gepresst war. So ergab sich, dass gewöhnlich die Frösche, welche den Tag über bei stark bedecktem Himmel im Blauen gewesen waren, die blasseste Purpurfarbe zeigten, die im Grün gehaltenen (hier wurde eine Mischung von löslichem Berliner Blau und Pikrinsäure verwendet) röthere, die mit Roth belichteten die dunkelste Netzhaut hatten, was im Allgemeinen mit meinen früheren und speciell mit den weiteren Angaben Boll's vor der Acad. d. Linceï stimmt. In andern Fällen, wenn die Sonne gelegentlich zum Durchbruche gekommen war, habe ich auch im Roth die Abnahme des Sehpurpurs bedeutend, zuweilen sogar völlige Ausbleichung gefunden, aber ich kann für diese nicht beweisen, dass das zur Wirkung gekommene, durchgefallene Licht alles von der Brechbarkeit des rothen gewesen sei. Ueber etwaige Beziehungen der genannten Beleuchtungen zum Auftreten grasgrüner, durchsichtiger Stäbchen ergaben diese Versuche nicht mehr, als die früher erwähnten, an isolirten Netzhäuten angestellten, d. h. nichts Fassbares, falls man nicht dahin rechnen will, dass die grauen Stäbchen um so stärkere Contrastfarbe zeigen, je mehr ihre Nachbarn gefärbt sind und um so mehr dem Blaugrün zuneigen, je brandrother die Netzhaut ist, um so reiner graugrün aussehen, je entwickelter die wahre Purpurfarbe an der Stäbchenmehrheit ist.

Nachdem unter freiem Himmel am lebenden Frosche so wenig mit Absorptionsfarben erreicht worden, hegte ich kaum die Hoffnung, es mit künstlichem Lichte, das aus andern Gründen

vorzuziehen war, weiter zu bringen. Indess war hier möglicher Weise durch die Zeit einzuholen, was der Intensität fehlte. Die kurzen, meist sehr trüben Tage des Januar und Februar konnten vielleicht durch die Tag und Nacht brennende Gaslampe, die dem Auge der im Warmen meist nicht schlafenden Frösche keine Ruhe gönnte, ersetzt werden. Manche Frösche zeigten sich zwar vor der Laterne widerspenstig, indem sie dem Lichte den Rücken wiesen und sich duckten, oder, daran verhindert, die Augen schlossen; aber bei einigen, welche sich gefälliger benahmen, ist es mir ganz gut geglückt, nach 20—30 Stunden den Purpur verändert zu finden, im blauen Lichte bis auf höchst geringe Reste, die im Tageslichte in sehr blasses Gelb umschlugen, bevor alle Farbe schwand. Nach 48 Stunden wurde endlich bei einigen Fröschen totale Ausbleichung constatirt. Weit geringer fiel die Bleichung im Grün aus und im Roth war sie niemals zu erreichen.

Wie selten von dem eben genannten Verfahren ausgedehntere Veränderungen auf der Netzhaut zu erwarten sind, erhellt vorzüglich aus der Ueberlegung, dass die Frösche noch nicht das Nöthigste leisten, wenn sie lange durch die Lösungen starren. Sie sollen den Blick noch vor der Farbe *wandern* lassen, um alle Theile ihrer Retina kräftiger, als es durch das diffuse Licht geschieht, welches dieselben ausser dem Bilde der Flamme trifft, zu exponiren, und sollen die Bewegung dazu so häufig und in der Weise ausführen, dass die schwächer erleuchteten Netzhauttheile keine Zeit gewinnen, ihren Purpur wieder herzustellen. Ich hätte darum nach Erreichung einiger positiver Resultate, unter recht vielen negativen, die ganze Anordnung verlassen, wenn ich nicht zufällig bei einem nur 14 Stunden im Blau gehaltenen Frosche, der beharrlich nur mit einem Auge in das Licht glotzte, das schönste Bild der Gasflamme völlig farblos in den tiefrothen Grund der Stäbchenmosaik eingezeichnet gefunden hätte. Die Retina war,

ohne mein Verdienst, zufällig ausserordentlich glatt aus dem Auge geschlüpft und lag vollendet gut ausgebreitet gegen das Deckglas, demselben alle Stäbchen, aufgerichtet, mit pigmentlosen Enden zuwendend. So muste eine helle, scharf berandete, ziemlich central gelegene, farblose Stelle, die ich darin fand, ungewöhnlich auffallen, und als ich mir dieselbe bei schwächerer Vergrösserung besah, war das Flammenbild mit seinen zwei züngelnden Spitzen gar nicht zu verkennen.

Es gibt nun ein einfaches Mittel, solche Photographieen auf der Retina nach Belieben zu erhalten, indem man den Frosch mit Curare unbeweglich macht, die Nickhaut fortschneidet, die Augen durch einen in's Maul geschobenen Papierballen etwas hervordrängt und das Thier mit einem Auge etwa 2 Stunden gegen die Flamme wendet. Die günstigste Entfernung beträgt 35—40 Ctm. Ich will den Versuch jedoch nur Denen empfehlen, die viel Zeit daran zu wenden haben, denn auch der Geübteste wird nicht vorher wissen, ob es ihm gelingt, die Netzhaut des Frosches so gegen das Deckglas zu bringen, dass ein vorhandenes Flammenbild zur Anschauung kommt. Während ich die günstigste Sehweite auszuprobiren suchte, ist mir das Experiment wiederholt geglückt.

Unzweifelhaft kann es keinen besseren Beweis für die Hypothese, dass das Licht im Auge auf die Netzhaut, wie in der Camera obscura auf die photographische Platte wirke, geben, als das vorhin erwähnte Flammenbild. Bevor ich dasselbe im Froschauge kannte, wo es zufällig gefunden wurde, hatte ich darum Aehnliches längst an grösseren Säugethieraugen erstrebt; mit welchem Erfolge, sagen meine beiden kurzen Mittheilungen im Centralblatte f. d. Med. W., Nr. 3 u. 4, und als ich den Schlusssatz der obigen ersten Abhandlung (S. 11) mit einiger Sicherheit

des Ausdruckes der Oeffentlichkeit übergab, war es mir bereits (2. Jan.) gelungen, das erste Bildchen oder Optogramm zu erhalten, das bei aller Unvollkommenheit hinreichte, um die **Optographie** glaublich zu machen und die Erhaltung des Bildes im Auge für ausführbar zu halten.

Ich sehe bei dem Gegenstande ganz von seiner Feuilletonfähigkeit ab, und gebe ihn gern allen Reclamationen phantasievoller Todtenbeschauer dies- und jenseits des Oceans von vornherein preis, denn angenehm kann es nicht sein, in jener Begleitung mit einer ernsten Angelegenheit die Runde machen zu müssen. Manches Wort, das sich darüber sagen liesse, mag hier lieber unterdrückt bleiben, um es in die Bitte zu wandeln, dass man von mir keine Berichtigungen solcher Veröffentlichungen, die nicht in üblicher Weise durch meinen Namen autorisirt sind, erwarte.

Nachdem ich die Lichtempfindlichkeit der überlebenden und abgestorbenen Netzhaut an der nur vom Lichte abhängigen Veränderlichkeit ihres Purpurs gefunden hatte, sagte ich mir, es müsse im herausgenommenen Auge möglich sein, das bekannte Bildchen, welches der dioptrische Apparat im Hintergrunde entwirft, auf der Netzhaut nach Entfernung des Objectes wieder zu finden. Der Weg, den ich dazu einschlug, mag nicht der beste und kürzeste gewesen sein, so dass die ausführliche Mittheilung meiner Experimente vielleicht mehr zeigen wird, wie man bei derartigen Arbeiten nicht vorgehen soll, als wie man sicheren Schrittes zum Ziele gelangt, ich meine ihn aber in der folgenden Darstellung nicht umgehen zu dürfen, da sich darauf Manches ergeben hat, das bewährtere Pfadfinder vielleicht nicht bemerkt hätten, weil es auf einer von ihnen nicht berührten, obwohl Interesse bietenden Seite gelegen hätte.

Ueber das verkleinerte, umgekehrte, reelle Bildchen an sich habe ich bei der wunderbaren Ausbildung der Dioptrik des Auges durch die hervorragendsten Kräfte der Vor- und Mitzeit wenig

mehr zu bemerken, als dass ich versucht habe, es möglichst scharf zur Anschauung zu bringen, ehe ich daran ging, es auf der Netzhaut zu befestigen. Am besten dienen dazu Augen albinotischer Kaninchen, wo es durch die Sklera prächtig durchleuchtet und als Abbild entfernter Gegenstände oft untersucht ist. Pigmentirte, selbst schwarze Kaninchen sind dazu fast ebenso verwendbar, obwohl man es beim Anblicke des tief dunklen Augengrundes nicht glauben sollte. Indess kann das Retinapigment sehr dunkel und doch das ganze Auge ziemlich durchsichtig sein, wenn nur die Chorioïdea mässig gefärbt und die Sklera dünn genug ist, wie es beim Kaninchen der Fall ist, da die Stäbchen durch das Pigment bis an die farblose Basis der Epithelzellen reichen. Im Kaninchenauge mag vor der schwach gefärbten Uvea das retinale Pigment öfter spärlich genug geschichtet sein, um die Durchsichtigkeit zu erklären; es gibt aber z. B. bei den Vögeln Augen mit viel stärkerer Entwicklung desselben, die ein sehr gutes Bild durch die dünne Sklera erkennen lassen und hier wird der Grund für die Durchsichtigkeit auch darin zu suchen sein, dass einerseits die Chorioïdea sehr schwach pigmentirt ist, während die Retina nach Art einer aus Glasfäden gemachten Bürste durch den tiefschwarzen Pigmentflor in Wahrheit bis an die nächste durchsichtigere Unterlage gepresst ist. Netzhäute, die mit der Pigmentlage herausgekommen, bei etwas seitlicher Betrachtung wie schwarzer Sammet aussehen, können bei senkrecht durchfallendem Lichte in dieser Beziehung oft starke Ueberraschungen bereiten, wenn man sich daran macht, das meines Wissens von *M. Schultze* zuerst hervorgehobene Durchragen der Stäbchen nach hinten zu erkennen. Die Angelegenheit scheint mir in Rücksicht auf die Reflexion solchen Lichtes, das der Stäbchenaxe parallel geht und hinsichtlich der lichtbrechenden, linsenartigen Körperchen, welche vor den Aussengliedern liegend vermuthlich die Partialbildchen an deren hinterm Ende entwerfen,

wichtig genug, um ihrer hier gelegentlich zu gedenken, und im Augenblicke, wo die schwierige Frage nach der ophthalmoskopischen Sichtbarkeit des Sehpurpurs bereits discutirt wird, wobei die der übrigen Pigmente nicht auszuschliessen ist, sehr der Beachtung werth.

An andern, als Kaninchen- und Vogelaugen habe ich auf die Besichtigung des Bildes verzichten müssen, weil man daran selbst unter sorgfältigem Schutze gegen sonstiges Licht überhaupt nichts durchscheinen sieht; beim Hunde, Kalbe, Hammel, Schweine und Ochsen liegt dies ausschliesslich an der zu dicken Sklera, nicht an dem Retina- oder Chorioïdalpigmente, denn man sieht das Bild durch die letzteren sogar im Schweineauge, das kein Tapetum besitzt, vortrefflich durchschimmern, wo man ein Stück der Sklera abgetragen hat. Dass man am lebenden Auge des Menschen bei blonden Individuen das Bild öfter aussen auf der Sklera sieht, ist bekannt; ich glaube aber nicht, dass dies von dem weniger entwickelten Pigmente herrührt, sondern vermuthe für die meisten Fälle den Grund in der Zartheit der Sklera, durch welche zugleich das Pigment mit bläulicher Farbe sichtbar wird. Beim Frosche endlich sieht man nur am Sehnerveneintritte Licht durchschimmern und in diesem Auge ist es nicht die Sklera, welche bekanntlich sehr durchsichtig ist, und nicht das Retinaepithel, sondern ausschliesslich die stark pigmentirte Chorioïdea, die das Licht hemmt.

Entferntere Gegenstände erscheinen hinten am Kaninchenauge so deutlich, dass man mit ähnlich scharfen Optogrammen alle Ursache hätte, zufrieden zu sein. Sie haben nur den Nachtheil von den meisten zur Hand befindlichen Objecten, wie Fensterreihen auf hellen Häuserflächen u. dgl., zu klein zu sein. Besser sind schon die hellen Fensterflächen mit dunkler, gekreuzter Rahmung, die das Auge im Zimmer, um einige Schritte entfernt davon abbildet; kleine Figuren auf den Scheiben erhalten sich

mit gleicher Deutlichkeit im Bilde bei weiterer Annäherung bis auf 30 und 19 Ctm. Ich habe in der verschiedensten Weise diese letztere Sehweite zu bestimmen gesucht, z. B. wo ich im Dunkeln zu arbeiten hatte, mit der Natronflamme, deren Einzelheiten recht hübsch zum Vorschein kamen; aber ich habe es nicht möglich gefunden, grosse Genauigkeit zu erreichen. Zerrungen und Aenderungen des Druckes von aussen wurden zu vermeiden gesucht, indem ich das Auge im gespaltenen Kopfe an seinem Platze liess und durch Fortnehmen des Hirns, einiger Schädelstücke und des Inhaltes der Orbita von hinten zugänglich machte, aber, was ich eigentlich wollte, nämlich die Sehweite mittelst des *Scheiner*'schen Versuches bestimmen, ist mir mit keinem linearen Objecte gelungen. Am schärfsten scheint mir noch die Bestimmung mittelst einer Photographie möglich, wozu ich das Negativ eines überlebensgrossen Portraitkopfes auf Glas gegen den Himmel wandte. Da erkennt man Umrisse und Aehnlichkeit im Bildchen in der Regel, wenn das Auge 25 Ctm. hinter dem Objecte steht. Bestimmteres anzugeben scheint deshalb unthunlich, weil das Auge im Tode fortschreitenden und schwer nachzugehenden inneren Aenderungen unterliegt, die z. Th. die Schärfe des Bildes stören. Dieselben liegen zunächst in den bekannten Trübungen der brechenden Medien, die um so unbequemer sind, als sie die Intensität des einfallenden Lichtes, besonders des optographisch wirksamsten, schwächen und wie *Helmholtz* angibt, auch die Untersuchung des todten Organs mit dem Augenspiegel vereiteln, welche sonst zur Bestimmung der Refraction zu benützen wäre; ferner in den Aenderungen der Iris, des Accommodationsapparates und des intraoculären Drucks. Die Iris, gleich nach dem Tode so schmal, dass sich die Pupille aufs Aeusserste erweitert, verengt diese bald wieder beträchtlich, um später zu einer mittleren Stellung zurückzukehren. Gleichzeitige Aenderungen in der Accommodationsmuskulatur sind wahrscheinlich, abgesehen

von den inneren Druckänderungen, die für Form und Lage der Linse, wie für die Angriffsweise der ersteren auf sie, nicht gleichgültig sein können. Dazu kommt endlich die Gestaltsänderung des ganzen Bulbus mit der Cornea, kurz es fällt eine so grosse Zahl von Vorgängen zusammen, die das Bild beeinflussen müssen, dass hier nur Probiren am Platze war. Welcher Weg der bessere sein würde, ist mir darnach nicht zweifelhaft: man muss am lebenden, mit Curare vergifteten und atropinisirten Kaninchen arbeiten, dessen Refraction vor dem optographischen Versuche mit dem Augenspiegel zu bestimmen ist; doch habe ich die Zeit zur Erlernung dieser viel Uebung voraussetzenden Technik nicht abwarten mögen.

Ein Blick in das geöffnete Auge nicht albinotischer Thiere lehrt, dass man nach Entfernung des Glaskörpers oder Umstülpen des concaven Hintergrundes mit der Skleralseite über eine convexe Fläche, nicht so viel vom Sehpurpur wahrnehmen kann, um darin eine farblose Zeichnung, wenn sie existirte, erkennen zu können. Durch lange Erfahrung und Uebung glaube ich es zwar dahin gebracht zu haben, sagen zu können, ob die auf dem Pigmente ruhende Retina nach dem Abziehen roth oder farblos aussehen wird, und ich erkenne den Sehpurpur allenfalls auch im Froschauge an einer röthlich braunen Nuancirung des schwarzen Grundes: aber hellere von rötheren Stellen zu unterscheiden, mache ich mich nicht anheischig. Am besten erkennt man den Sehpurpur in Situ noch auf dem wenig farbig schillernden, mehr silberglänzenden Tapetum des Hundeauges, weniger gut auf der grünblauen, atlasglänzenden Fläche des Tapetums der Pflanzenfresser, aber in keinem Falle so, dass man ein Optogramm darauf würde unterscheiden können. Aus dem Kaninchenauge, das kein Tapetum besitzt, musste die Netzhaut also hervorgehoben werden, wenn ich das Bild sehen wollte; eine missliche Procedur, die mühsamen Versuchen ein schlechtes Ende versprach, wenn die

zarte Membran einriss. Da diese Schwierigkeit unüberwindlich blieb, wandte ich mich an albinotische Kaninchen, deren purpurrothe, auf der natürlichen Unterlage kenntliche Netzhautfarbe mir bekannt geworden war.

Die Kaninchennetzhaut zerfällt der Färbung nach in sehr eigenthümlicher Weise in zwei Abschnitte, in einen blasseren, oberen und einen dunkler rothen, unteren. Der Opticus steigt bei diesen Thieren nach dem Eintritte in die Orbita hoch am Auge empor, indem er sich der äusseren, hintern Bulbusfläche in längerer Ausdehnung anschmiegt, und bildet, durch das Auge gelangt, den bekannten, zu seiner Anfangsrichtung senkrecht gestellten, nach beiden Seiten abgehenden, weissen Streifen markhaltiger Nervenfasern, der zugleich das einzige gefässführende Gebiet dieser Netzhaut darzustellen scheint. Somit wird die Retina durch den weissen Streifen in eine obere kleinere und eine untere grössere Abtheilung geschieden. Unter dem weissen Streifen befindet sich der zweite dunkel-purpurrothe, von etwa gleicher Breite, welcher sich gegen den oberen, weniger gefärbten Netzhautabschnitt scharf, gegen den untern rötheren, etwa in der Höhe des Netzhauthorizontes diffuser abgrenzt und beiderseits weit nach vorn herumreicht. Hiernach liegen die markhaltigen Fasern ganz in dem purpurärmeren Netzhauttheile, so dass der blinde Fleck der Kaninchen, der wie ein dunkles, breites Band wahrgenommen werden müsste, zugleich in einer vermuthlich weniger gebrauchten, unteren Gegend des Sehfeldes liegen wird. Die Erscheinung des rothen Streifens hat mit darunter liegenden Blutgefässen nichts zu schaffen und ist an abgezogenen Kaninchennetzhäuten jederzeit zu demonstriren. Hier ist der Purpur weitaus am intensivsten und bleicht immer so viel später aus unter Uebergang in Gelb, dass der Streif an stark ausgeblichenen Präparaten noch lange sichtbar bleibt; zuletzt wird er freilich auch unkenntlich. Ich habe nicht untersucht, welcher Netzhaut-

einrichtung der Streif zuzuschreiben ist und kann nur die Vermuthung aussprechen, dass die leichte Verdickung, die sich daran findet, auf ungewöhnlicher Länge der Stäbchen beruht. Etwas Aehnliches findet sich übrigens in manchen Thieraugen angedeutet. An dem rötheren, untern Netzhautabschnitte des leukotischen Kaninchens sieht man den Purpur über die ganze Fläche gleichmässig verbreitet, und wenn das Thier durch Verbluten getödtet wurde, pflegen die Blutreste in der Chorioïdes den schönen Anblick nicht zu stören. Vollends gleicht die Retina einem hübschen Rosenblatte, wenn man die hintere Bulbushälfte über die, mit Einschluss der Linse, zur Unterlage sehr geeignete, vordere Hälfte umstülpt. Vom Natronlichte zu Tage gebracht ist dann das Schwinden der Farbe bis auf die des Blutes, welche immer in erkennbaren Venen streifig angeordnet ist, zu beobachten. Hinsichtlich der Regeneration und der relativen Echtheit des Purpurs gegen Licht an solchen Präparaten muss ich jetzt das früher (S. 9 u. 10) Gesagte mit grösserer Bestimmtheit hervorheben: ein von der farblosen Chorioïdes abgehobener Lappen der Netzhaut mit der Vorderfläche gegen das Licht, neben das Uebrige gelegt, bleicht unzweideutig schneller aus, als die am Orte belassenen Theile. Der Unterschied wird besonders klar, wenn man von den letzteren nach ungefähr $^1/_2$ Minute ebenfalls ein Stück rasch abzieht und neben dem zuerst isolirten Lappen auf gleicher Unterlage von weissem Porzellan ansieht. Viel auffallender und nach vier mal längerer Belichtung noch erkennbar ist die Sache am pigmentirten Kaninchenauge, wie ich vermuthe, weil das Pigment nicht den Purpur, sondern den Purpurbildner im Epithel gegen das Licht schützt. Ich möchte es bei dieser Gelegenheit als Hypothese aussprechen, dass das schwarze Pigment überhaupt weniger einen Schutz für den Stäbchenapparat, als für den purpurzeugenden epithelialen darstelle, denn ich sehe nicht, welchen Schaden das Durchfallen von Licht gegen die

Sklera bringt, das überdies in der Einrichtung fast aller Augen unvermeidlich ist, und verstehe noch weniger, worin der Nutzen seitlicher Pigmentscheiden für die Stäbchen liegen soll, deren innere Cylinderflächen, wie *Brücke* nachwies, doch alles nicht der Axe parallele Licht reflektiren müssen. Soll das Pigment als Mittel dienen, die Stäbchen vor Beleuchtung ihrer äusseren Cylindermäntel durch zwischen sie fallendes Licht zu schützen, so versteht man wieder nicht, weshalb die Epithelfortsätze bald gar kein Pigment, bald nach langen Zwischenräumen geschichtetes enthalten. Man sieht, welche Fülle von Fragen weitere Untersuchungen über das Epithel zu berühren vermöchten. Ein gebleichtes Retinastück vom Kaninchen durch Zurücklegen auf die im Dunkeln gehaltene, entblösste Epithelschicht wieder zu röthen, was beim Frosche so leicht zu erzielen ist, wollte mir bis jetzt nicht gelingen, und ich würde darum den bessern Beweis für die purpurzeugende Function des Netzhautepithels ohne das Froschauge nicht haben führen können. Ich glaube jedoch annehmen zu dürfen, dass diese Thätigkeit im eröffneten Auge farbiger Kaninchen am Lichte noch mindestens 2 Minuten mit abnehmender Energie vorhanden ist (vergl. unten).

Den ersten optographischen Versuch stellte ich in folgender Weise an: ich bohrte in die lichtdichte Holzwand meines durchweg geschwärzten, fensterlosen Dunkelzimmers, das hinter einem zweiten für den Heliostaten und zu optischen Arbeiten eingerichteten Zimmer liegt, ein Loch, das ich mit einem kreisrunden Diaphragma von 5 Mm. Durchmesser deckte. Das optische Zimmer war durch den Fensterladen geschlossen mit Freilassung einer matten Scheibe, auf welche helles Mittagslicht fiel. Um dieses von der genannten Holzwand 5,77 Meter entfernte Object als Bild im Kaninchenauge aufzusuchen, wurde es zuerst mit intensiv gefärbtem, chromgelbem Seidenpapier verhängt, das albinotische Kaninchen nach 15 Minuten

langem Verweilen im Dunkeln geköpft, im Natronlichte ein Auge aus dem Kopfe genommen, hinten etwas abpräparirt, mittelst durch die Conjunctivareste gesteckter Nadeln auf den Rand eines Korkes befestigt und mit der Cornea sanft gegen das Diaphragma gelehnt. Das Bild fand sich auf der Sklera zur einen Seite des in einiger Ausdehnung dem Auge belassenen Opticusstammes und soweit unterhalb der Eintrittsstelle des Nerven, dass ich es auf dem rötheren Abschnitte der Netzhaut wusste und mir den Ort in dem betr. Quadranten gut merken konnte. Hierauf wurde der gelbe Vorhang von der Lichtöffnung gezogen und 5 Minuten exponirt, das Auge zurückgenommen, im Aequator halbirt, umgestülpt und in schwachem Gaslichte besehen. Da ich noch kein Bild erkennen konnte, brachte ich das Präparat an gedämpftes Tageslicht und vor den Blick einiger Zeugen; die Retina hatte einen unzweideutigen helleren, diffusen Fleck, dessen geringe Grösse dem von mir allein zuvor gesehenen Bilde entsprechen konnte, und dessen Lage mir bereits die Ueberzeugung verschaffte, dass er das Optogramm sei. Jeder der Zeugen versetzte den Fleck an dieselbe Stelle. Das Auge wurde von der Unterlage gehoben und meinerseits die vorher gemerkte Stelle hinten auf der Sklera gesucht, was mir an der mitbeachteten Anordnung kleiner Muskelreste recht gut gelang; ich bohrte eine Nadel von hinten durch und hörte an den Aeusserungen der Ueberraschung unter den Umstehenden schon, dass ich richtig getroffen hatte. In ähnlicher Weise wurden etwa 30 Versuche meist mit schlechterem, kaum mit besserem Erfolge ausgeführt, unter den mannigfachsten Aenderungen des Objectes, der Sehweite, der Zeit nach dem Tode, der Lichtintensität und Expositionszeit; doch wollte es niemals gelingen, ein ordentliches Bild, etwas Andres, als Flecke zu erhalten. Unter meinen Notizen finde ich in dieser Versuchsreihe nur einen, der mich hätte bestimmen können, die Ausführbarkeit der Optographie zu behaupten. Es

handelte sich um ein Auge, an dem 45 Min. nach dem Tode auf 30 Ctm. Entfernung das Bild einer Magnesiumflamme hinter rothen und gelben Gläsern eingestellt war. Nach 15 Sec. Exposition gegen die unbedeckte Flamme, fand sich auf kräftig rothem Grunde ein weisser Fleck in der Retina, dessen Gestalt so sehr der des brennenden Magnesiumbandes glich und darüber zwei helle Kleckse, die nur dem abgetropften, auf dem Tische fortbrennenden Metalle entsprechen konnten, dass ausser mir niemand mehr zweifeln wollte.

Nach diesen ersten nicht befriedigenden Erfolgen, welche zur Ueberlegung und experimentellen Prüfung aller denkbaren Hindernisse, die sich etwa dem erwarteten Erfolge entgegenstellen mochten, auffordern mussten, gelang es inzwischen, die Wahrheit zu gestehen, zufällig und ohne alles Verdienst menschlichen Zuthuns, die schönsten Optogramme herzustellen. Ich hatte nämlich an das Allereinfachste nicht gedacht, indem ich nicht erwog, dass die dem Glaskörper zugewendete Retinafläche, die ich ausschliesslich betrachtete, nicht die rothe ist, und dass die vorderen Retinaschichten, im Tode getrübt, einen Schleier über die Purpurfläche ziehen konnten, der wohl Farbiges und Blasses, aber nicht die Grenzen und Einzelheiten von Bildern zu unterscheiden gestattete. Wo mit so frischen Augen und so schnell verfahren war, dass die Retina noch für durchsichtig genug gelten konnte, gab es andre Uebelstände für die Betrachtung von vorn, die in der faltigen Beschaffenheit jeder in der bisherigen Weise umgestülpten Hintergrundsfläche, in deren schlüpfrig feuchten und glitzernden Oberflächen lagen. Ich habe seitdem namentlich am Ochsenauge gesehen, dass die genannten Uebelstände wirklich jedes in der Stäbchenschicht befindliche Bild bis zur Unkenntlichkeit verwischen.

Das nun unvermeidlich gewordene Herausnehmen und Wenden der Netzhaut liess sich glücklicher Weise sehr einfach beim

Kaninchenauge, wo die Membran frisch und unvorbereitet, ungemein zerreisslich ist, durch einfache Kunstgriffe bewerkstelligen. Nach vielem Herumprobiren unter den Substanzen, deren Unschädlichkeit für den Sehpurpur ich bereits kannte und denen Härtungsvermögen für die Retina zuzutrauen war, wie dem Tannin, Blei-, Zinksalzen u. s. w. fand ich eine Lösung von 4 pCt. Kalialaun am geeignetsten, um der Membran die wünschenswerthe Zähigkeit zu ertheilen. Andere Zwecke wurden damit nicht beabsichtigt und erreicht, was ich ausdrücklich gegen die verbreitete Meinung, dass das Verfahren eine Art Entwicklung des Bildes verfolge, hervorhebe. Das eröffnete und vom Glaskörper gut befreite Auge wird sofort nach Aufnahme des Bildes in die Alaunlösung geworfen, um darin 24 Stunden im Dunkeln zu verweilen. Ich empfehle mein anfängliches Verfahren, das Auge umgestülpt, über die vordere Hälfte gezogen, einzulegen, nicht mehr, seit ich gelernt habe, die Papille von innen mit dem Locheisen auszudrücken. Dafür rathe ich mit um so grösserer Sorgfalt zu beachten, dass das Auge nicht zusammengefallen oder faltig im Alaun liege, denn die Lösung macht die Retina nicht so zähe, dass sie nicht an Knickungen, die im Härten entstanden sind, leicht bräche. Nach vollendeter Alaunwirkung bringe man das Auge unter Wasser, wende hier das Locheisen, auf einer Unterlage von Blei an und fasse die Membran an einem Punkte oberhalb des Opticuseintrittes, also an dem weniger rothen Theile, in welchen die Bilder gewöhnlich nicht fallen. Wenn das Verfahren tadellos durchgeführt ist, glückt es oft, die Netzhaut, ohne dass sie zusammenfällt oder sich umschlägt, mit einem leisen Rucke wie ein zartes Schälchen aus dem festeren Skleranapfe hervorzuheben. Die Innenfläche zeigt sich nun rein weiss und opak, nur die convexe Aussenfläche ist roth oder rosa, wie ein Rosenblatt. Ich bringe unter das Wasser ein Porzellanschälchen, das kaum grösser als ein halbes Kaninchenauge ist, schiebe darunter einen passend gebogenen Blechstreif,

mit dem ich es später in horizontaler Lage emporheben kann, und lasse die Netzhaut mit der concaven, vorderen Fläche auf die convexe Porzellanfläche sinken. Zuweilen gelingt es die Membran, dem Schälchen überall glatt anliegend aus dem Wasser zu heben, doch wird man sie in den meisten Fällen vom Rande her, mit Schonung des Bildes, über das man sich mit der Streichholzflamme schnell orientirt, etwas einschneiden und so lange auf der Unterlage flottiren lassen müssen, bis sie möglichst faltenfrei ausgebreitet ist. Ich brauche kaum zu sagen, dass sich das Optogramm am besten in der schwimmenden Netzhaut bei unverminderter Krümmung beobachten lässt. Die Flüssigkeitsschicht darf indess nicht zu tief sein, denn es ist merkwürdig zu sehen, wie viel die Absorption im Wasser der Purpurfarbe, wenigstens an Alaunpräparaten, raubt. Ueber alle Erwartung einfach gestaltet sich die Sache beim Ochsenauge, wo man nach der Alaunwirkung die Netzhaut nicht schlechter heraushebt, als es mit einem ledernen Beutel gehen würde; das Verfahren diese Netzhaut frisch in Salzwasser zu Tage zu bringen, wurde oben (S. 47) schon beschrieben. Will man Optogramme darauf sehen, so lässt man sie flottiren. Ich ziehe die Alaunpräparate allen andern vor, weil sich Roth und Weiss daran am schärfsten abgrenzen, sowohl im feuchten, wie im trocknen Zustande, während die Ochsenretina, so lange sie im Salzwasser liegt, die Optogramme ungefähr so zeigt, wie wenn die farblosen Theile in blassröthliches Ueberfangglas geschnitten wären. Getrocknet markiren sich diese Bilder besser, obschon nicht so gut, wie an eingetrockneten Alaunpräparaten und vollends nicht, wie an ebensolchen noch feuchten.

Den Sehpurpur zu fixiren hat nur insoweit wissenschaftliches Interesse als dahin zielende Methoden zugleich Aufschlüsse über das chemische Verhalten dieses Körpers geben können, oder technische Bedeutung, insofern es sehr wünschenswerth ist die Er-

folge der Lichtwirknng nicht in der kurzen Zeit beurtheilen zu müssen, welche das zum Betrachten nöthige Licht gewährt. Jedes Licht, bei dem man etwas von der Netzhautfarbe sehen kann, wird daran von Anfang an Veränderungen erzeugen und diese müssen eine um so bedenklichere Unsicherheit in die Beobachtung bringen, als man sie nicht gleich zu bemerken glaubt.

Wieder war es ein Zufall, der hier zur ersten Annäherung an die Aufgabe führte. Ich hatte Netzhäute vom Ochsen auf Milchglasstreifen im Dunkeln getrocknet, um Material zu haben für Spectralversuche, wenn die Sonne wieder scheinen würde. Beim Frosche hatte ich gesehen, dass die nur an der Luft getrocknete Retina zwar viel langsamer, als gewöhnlich, aber besonders am Sonnenlichte vollkommen ausblich. Für die trocknen Rindsmembranen kam nach einigen Wochen endlich das ersehnte, etwas anhaltendere Sonnenlicht; sie wurden ins Spectrum geschoben und blieben darin lange. Darnach war nirgends Abnahme der Farbe zu sehen. Ich legte sie ins Freie, in die Sonne und fand das schöne Orangeroth unverwüstlich. Nun wurde die Glasplatte in Wasser gelegt, bis die angetrockneten Netzhäute weich geworden und die nächsten beiden Tage, an denen gelegentlich auch die Sonne hervortrat, feucht exponirt. Die Tiefe der Farbe nahm dabei vielleicht etwas ab, aber zum Ausbleichen kam es nicht. Das Verfahren Optogramme zu conserviren, besteht demnach nur darin, die Porzellanschälchen, worauf sie angetrocknet sind, gleich in den Exsiccator über SH_2O_4 zu bringen und sie darin im Dunkeln zu lassen. Wie lange die Erhaltung in diesem Zustande zu dauern habe, vermag ich nicht genau zu sagen, ich empfehle nur möglichst lange Zeit, denn es ist merkwürdig, von wie grossem Einflusse die Dauer des trocknen Zustandes ist. Kleine Netzhäute vom Frosche und Kaninchen trocknen natürlich sehr schnell, in einem ordentlichen Exsiccator in 24 Stunden wohl so vollkommen, wie es über SH_2O_4 überhaupt

möglich ist, besonders wenn man sie inzwischen von der Unterlage losschabt. Im Trockenraume habe ich sie dann sogleich gegen stundenlangen Sonnenschein nahezu unveränderlich gefunden, abgesehen von einer gewissen Abnahme der eigentlichen Purpurfarbe, so dass das Orange mehr hervortrat. Es genügt, sie in die gewöhnliche, feuchte Luft zu bringen, um sie alsbald ziemlich zugänglich für Licht, ja vollkommen darin bleichend zu finden, geradeso wie die nur an der Luft eingetrockneten Netzhäute sich auch verhalten. Vollends bleichen sie aus nach dem Erweichen in Wasser. Mehrere Tage, eine Woche und darüber, im Exsiccator gehalten, nimmt dagegen die Fähigkeit zum Ausbleichen, nach erneuerter Befeuchtung, immer mehr ab, so dass man bei dem Sehpurpur jetzt schon so gut von Echtheit reden kann, wie bei vielen technisch verwendeten Farben. Meine Erfahrungen sind noch nicht von hinlänglicher Dauer, um sagen zu können, wie weit diese Echtheit gehe; mir und Andern wird es aber von Wichtigkeit sein, ein einfaches nur Geduld erforderndes Verfahren zu haben, das die Beobachtung der Optogramme ohne Eile möglich macht. Wer auf die Wirkung längeren Trocknens nicht warten will, mag die Besichtigung im Exsiccator vornehmen.

Im feuchten Zustande für etwa 2tägige Belichtung haltbar werden Optogramme durch Einlegen der Alaunpräparate in eine schwache Sublimatlösung, worin der Purpur schon im Dunkeln in sehr lichtes Gelb übergeht, das besonders beim Frosche und Ochsenauge, weniger beim Kaninchen, bedeutend widerstandsfähiger ist, als das natürliche Gelb, welches der vollendeten normalen Lichtbleiche vorangeht. Es ist indess nicht angenehm ein schönes, purpurnes oder orangerothes Optogramm in so schwächliche Zeichnungen übergehen zu sehen.

Dieselben Aenderungen im Verhalten gegen Licht, wie an der frischen oder nach Alaunwirkung im Exsiccator behandelten

Retina, habe ich nach längerem Trocknen an dem, neben retinalem Neurokeratin isolirten Sehpurpur beobachtet. Ein davon bedecktes Filter blich, nachdem es lange getrocknet war, wieder befeuchtet, in der Sonne nicht mehr aus, und hier liess sich feststellen, dass es nicht die lange Conservirung allein, sondern die Trockenhaltung ist, welche die Indolenz hervorbringt, denn die ungetrockneten Keratin-Purpurpräparate, die man in reinem Wasser, wochenlang, ohne Fäulniss, im Dunkeln aufbewahren kann, bleichen nach beliebig langer derartiger Conservirung ans Licht gebracht, sehr gut aus.

Obwohl bereits an meinem Ziele angelangt, habe ich noch einige Versuche zur Verbesserung der Optogramme unternommen, indem ich den Photographen zu folgen suchte, welche die ersten Spuren photochemischer Zersetzungsprodukte benutzen, um daran neue Niederschläge, sei es durch Reduction der Bäderstoffe, sei es durch Anhaftenlassen bereits fertiger Niederschläge, an den belichteten Stellen anzuhäufen. Es ist dies eine Entwicklung, keine Fixirung, die jedoch an der Netzhaut zu versuchen war mit Rücksicht auf die Frage, ob gebleichter oder genuiner Sehpurpur reducirende Eigenschaften hätten. Gold-, Silber- und Eisenverbindungen liessen mich in der Hinsicht ganz im Stich. Bei der Osmiumsäure ergab sich die interessante Thatsache, dass eine Froschnetzhaut in einer 1procentigen Lösung eine halbe Stunde im Dunkeln verweilen kann ohne Vernichtung des Purpurs; die Stäbchen werden zwar sehr dunkel, aber ihr Braun ist ein entschiedenes Rothbraun, das im Lichte deutlich erblasst und sehr zu unterscheiden ist von der Farbe, welche eine zuvor im Lichte gebleichte Netzhaut unter nachträglicher Osmiumsäurewirkung annimmt. Von Pyrogallussäure sah ich etwas Bräunung in der alkalischen Membran eintreten, ohne Vernichtung des Purpurs und dessen Lichtempfindlichkeit. Kaliumpermanganat färbte die Netzhaut braun, wie natürlich, weniger, wenn

die Lösung mit 2 Proc. Essigsäure versetzt war, und in dieser Mischung hielt sich der Purpur wunderbarer Weise mehrere Stunden, um am Lichte, wie gewöhnlich, durch Orange und Chamois gehend, zu erbleichen. Umgekehrt wollte es mir mit energischen Reductionsmitteln ebensowenig glücken, den Sehpurpur zu entfärben oder am Bleichen durch Licht zu hindern. Ich habe mit den von *Stokes* zur Reduction des Hämoglobins eingeführten Mischungen von Eisenvitriol oder Zinnchlorür mit Weinsteinsäure und überschüssigem Ammoniak gar keine Aenderung des Purpurs oder Rückfärbung der im Lichte gebleichten Netzhaut eintreten sehen, ebensowenig mit Schwefelammonium oder Schwefelwasserstoff. Nach diesem Verhalten des Purpurs wird man es nicht überraschend finden, dass derselbe unabhängig vom Sauerstoff, z. B. in einem reinen CO_2-Strome sich gerade so verhält, wie wenn er in Luft, in Wasser, in Blutserum u. s. w. dem Lichte ausgesetzt wird.

In der Photographie heisst Fixiren bekanntlich in den meisten Fällen die Beseitigung überschüssiger, unzersetzter, noch lichtempfindlicher Stoffe und in diesem Sinne kann in der Optographie davon nicht die Rede sein, weil Entfernung des im Optogramm noch lichtempfindlichen Purpurs so viel heissen würde, wie Auswischen des Bildes. Die Trockenfixirung der Optographie ist etwas wesentlich Andres, da sie in der Umwandlung des noch lichtempfindlichen Materials in gegen Licht unempfindliche Stoffe, mit Erhaltung der Substanz und deren Farbe besteht. Die Sache liegt hier auch insofern anders, als das Optogramm kein Negativ, sondern ein Positiv ist, wenn man in einem auf Roth ausgesparten Bilde den Grund als dunkel bezeichnet, wozu einiges Recht vorhanden ist. Andrerseits stimmt das Optogramm mit dem direkten negativen Photogramm darin überein, dass die beleuchteten Stellen die zersetzten und nicht weiter empfindlichen sind, während die rothen denen entsprechen, deren ungehemmte

Zersetzung das Bild verwischen würde. Für das zu wählende Fixirverfahren entscheidet aber nicht die letztere, freilich tiefere Uebereinstimmung, sondern der erstere Gegensatz, weil es sich um den Zweck der Erhaltung des Bildes handelt, und es ist deshalb Gewicht darauf zu legen, dass beim Optogramm etwas erreicht werden muss, dessen das Photogramm nicht bedarf, nämlich die Indolenz des Stoffes, ohne ihn der Farbe zu berauben.

In dem Vorstehenden hoffe ich die optographischen Methoden, soweit sie die manuelle und chemische Technik betreffen, genügend erörtert zu haben, um Jedermann in den Stand zu setzen, sich deren Erzeugnisse zu verschaffen. Ich gehe darum zu den einzelnen Versuchen über, sowohl um Belege zu bringen, wie um dem optischen und physiologischen Gebiete gerecht zu werden.

Das erörterte, für Kaninchenaugen unumgängliche Alaunverfahren kam zufällig zum ersten Male in Anwendung bei einem Versuche, welchen ich als den der Desolation bezeichnen könnte. Als immer und immer wieder kein ordentliches Bild auf der ungehärteten Netzhaut zum Vorschein kommen wollte und ich bereits fürchten musste, die Bedeutung des Purpurs für das Sehen überschätzt zu haben, beschloss ich es einmal so zu machen, wie die Unbefangenheit selber zuerst an die Aufgabe getreten wäre. Ich fixirte ein lebendes Kaninchen so im Halter, dass der Kopf unbeweglich mit einem Auge gegen eins der vielen Fenster des Laboratoriums gerichtet war. Der Bulbus wurde durch in die Conjunctiva gelegte Fäden vollkommen festzustellen gesucht, die Lider durch einen federnden Halter geöffnet, in welchem zugleich ein schwarzer Pappstreifen mit einem 4 mm. weiten Rundloche als Diaphragma vor der Pupille befestigt war. So vorbereitet wurde der Kopf etwa 10 Min. mit einem schwarzen Tuche bedeckt, als dieses wieder entfernt worden, nach weiteren 2 Minuten vom Rumpfe getrennt, während ich das Auge mit der Hand zudrückte. Das letztere kam, im Dunkeln

exstirpirt und eröffnet, sofort in eine 5procentige Alaunlösung. Am dritten Tage hatte ich die Freude, in der abgezogenen Netzhaut das Bild des Fensters, auf das es abgesehen war, an dem bogenförmigen Abschlusse, als weisse Silhouette auf rothem Grunde, zwischen einigen kleineren, hellen Feldern wieder zu finden; es fehlte nur ein deutliches Bild der Rahmenkreuzung. Jetzt wurde sogleich an die weiteren Versuche gegangen, über welche zum Theil schon kurze Veröffentlichungen (Centralbl. l. c.) vorliegen und die hier mit geringen Erweiterungen der Darstellung wiedergegeben werden sollen.

Mein Plan zur Optographie am Lebenden, den ich fasste, bevor das Auge, von dem soeben die Rede war, zur Untersuchung kam, beruhte auf folgender Ueberlegung: Da das normale Sehen offenbar nur möglich ist, wenn steter Ausgleich zwischen dem Bleichen des Sehpurpurs in den Stäbchen und der purpurzeugenden Thätigkeit des Retinaepithels besteht, so wird man überdauernde Optogramme nur erwarten dürfen, wo jener Ausgleich gestört ist, also entweder nach so langer oder so intensiver Belichtung, dass das weiter functionirende Epithel die Stäbchen nicht genügend wieder zu röthen vermag, oder unter Umständen, wo das Epithel nichts mehr leistet. Das letztere war im Auge einige Minuten nach dem Tode zu erwarten, aber das Optogramm war aus einem mir in jenem Augenblicke noch unklaren Grunde ausgeblieben. So verfiel ich auf die Annahme, dass das todte Auge und darin vornehmlich die vorderen Retinaschichten für die chemisch wirksamsten Strahlen zu undurchgängig würden. Dies ist wahrscheinlich, scheint aber erst in 1 bis 1½ Stunden nach dem Tode zuzutreffen, wie sich später ergeben wird. So musste also, meinte ich, durchaus am Lebenden experimentirt werden, allein ich fürchtete die Regeneration, die ich postmortal noch im Säugethierauge für mächtig genug hielt, um in der kurzen Frist vom Köpfen des Thieres bis zur Berührung der Netzhaut mit dem Alaun,

der mir zugleich ein gutes Mittel zum schnellen Abtödten des Epithels zu werden versprach, das Bild wieder zu verwischen. Es wurde deshalb der vorige Versuch an einem mit Curare vergifteten, künstlich respirirenden Hunde wiederholt, mit dem Unterschiede, dass er in einem einfenstrigen Raume stattfand und dass ich Sorge trug, das Auge sofort nach Schluss der Belichtung mit Alaun zu tränken, zu welchem Zwecke ich vorbereitet war mittelst eines im Leben mit der gleichseitigen Carotis verbundenen Injectionsapparates einen raschen Strom gewärmter Alaunlösung in den Kopf und in die Gefässe des Auges gelangen zu lassen. Die Halsgefässe, welche beim Abtrennen des Kopfes Injectionsmasse nach rückwärts austreten liessen, wurden schleunigst abgeklemmt. In dieser Weise wurde nur ein Versuch ausgeführt, weil sich inzwischen bei weiteren Experimenten am Kaninchen ergab, dass er für meine nächsten Zwecke der Wiederholung nicht bedurfte. Ausserdem war er ohne recht schlagenden Erfolg; es dürfte aber auf das Verfahren zurückzugehen sein, wenn es sich darum handeln wird die Aenderungen des Gleichgewichtes zwischen den Processen der Stäbchen- und der Epithelschicht genauer zu untersuchen.

Inzwischen war das schon erwähnte Fensterbild erhalten, das alle Befürchtungen unnöthig machte und die Ueberlegung, welche sie eingegeben, zurückwies. Der vorhin als Vermuthung hingestellte Zustand gestörten Ausgleiches zwischen Epithelfunction und Purpurbleichung musste demnach factisch existiren und ich denke, man wird ihn nicht widersinnig, sondern durchaus natürlich finden, man wird ihn annehmen müssen für alle Fälle, wo unser Sehvermögen in Folge von Blendung herabgesetzt oder aufgehoben ist, und wie leicht wir dahin gelangen, weiss Jeder, der sich aufs Fixiren und auf Nachbilder versteht. Ich möchte behaupten, dass wir nicht 30 Secunden ein grösseres, helleres Object bei behindertem Lidschlage fixiren können, ohne unfähig zu werden es zu sehen und

finde es nicht wunderbar, wenn das Säugethierauge bei minutenlang constanter, mässiger Belichtung da geblendet ist, wo im Bilde das Licht auf die Netzhaut fiel, ja soweit geblendet ist, dass der Purpur dort gar nicht mehr, oder sichtlich verfärbt gefunden wird und um so viel abgenommen hat, dass die Regeneration beträchtlicher Zeit bedarf, um ihn wieder kenntlich zu machen. Dies ist der Fall, wo wir das Optogramm annehmen müssen und finden werden, d. h. das Nachbild im eigentlichen Sinne des Worts.

Erwägt man, dass es sich bei der Optographie nur um Aenderungen der Stäbchen, nicht der Zapfen, die purpurfrei sind, handelt, also um Vorgänge an einem unzweifelhaft weit hinter der Vollkommenheit des Zapfenapparates und unseres Fixirorganes zurückstehenden Sehwerkzeuge, und dass die Unvollkommenheit unseres peripherischen Sehens trotz der Mithülfe zerstreuter, an den vorderen Retinaregionen vorkommender Zapfen in den meisten Beziehungen und gewiss deshalb auffällig ist, weil dabei wesentlich Leistungen der Stäbchen vorliegen, so wird man von der optographischen Methode, die vorwiegend auf der Unvollkommenheit der Regenerationsprocesse fusst, wohl erwarten dürfen, dass sie die mannigfachsten Sehakte verzeichne. Wie schnell bei gutem Fixiren indirekt gesehene Objecte verschwinden, ist bekannt und dürfte mehr noch, als die Dauer der Nachbilder für träge Regeneration in den Stäbchen, also in demselben Sinne zu deuten sein, wie die Lichtscheu der zapfenlosen oder zapfenarmen Geschöpfe. Sind diese letzteren des Purpurs beraubt, so bleiben sie eben so lange blind, bis das Epithel neuen geliefert hat, während die mit Zapfen versehenen Thiere mittelst des zweiten, vollkommeneren Apparates im Auge, der höchst wahrscheinlich auch allein specifisch farbige Empfindungen vermittelt, unter gleichen Umständen fortfahren zu sehen. An Fröschen, deren Netzhaut in der Sonne total gebleicht und im Dunkeln nicht vor 30 Min. wieder röthlich zu bekommen war, glaube ich

mich überzeugt zu haben, dass sie noch recht gut sehen und ich hoffe später Genaueres über deren Fähigkeit zur Unterscheidung von Farben berichten zu können. So weit bis heute die Erkenntniss reicht, ist eine Betheiligung des Purpurs am Farbensehen höchst unwahrscheinlich, obgleich natürlich zuzugeben ist, dass wir mittelst des Purpurs und der Stäbchen (ohne die Zapfen) das Spectrum nicht nur wahrnehmen, sondern auch in Grau schattirt, ähnlich wie der Farbenblinde, auffassen würden. Unsere Erfahrungen über das Vorkommen und Verhalten des Sehpurpurs sind so sehr in Uebereinstimmung mit *M. Schultze's* Hypothese von der physiologisch-chromatischen Bedeutung der Zapfen und Stäbchen, dass es nur des Hinweises darauf bedarf um alle Hoffnungen herabzustimmen, die man etwa auf die Optographie im Sinne specifischer Farbenwahrnehmung setzen mochte.

Gelänge es dagegen, wie bei der Photographie, die rothen Stäbchen zur Annahme und Wirkung auf photographische Entwickler zu bewegen, wo erst die leisesten Anfänge der Verfärbung des Sehpurpurs begonnen haben, so müsste es gelingen, Alles, was wir peripherisch hell und dunkel sehen, optographisch darzustellen, wenn anders die zahlreichen durcheinander klingenden Nachbilder des täglichen Lebens im Optogramm entwirrbar wären. Wie die chemische Nerventastatur der Stäbcheninnenglieder durch solche minimale Purpurzersetzungen zum Anschlage kommt, bleibt zwar so wunderbar, wie je zuvor, aber das Factum bürdet uns nichts Wunderbareres auf, als das, welches wir alle Tage an unseren Riechzellen erleben.

Trotz Regeneration des Purpurs im Leben wie im Ueberleben sind somit Optogramme intra vitam möglich: hier ist der Beweis.

Nachdem das vorhin erwähnte Fensterbild, das dafür hätte genügen können, erhalten, aber zufällig nur von 2 Personen

betrachtet war, wurde am 16. Januar 11 Uhr 40 Minuten ein farbiges Kaninchen aufgebunden, der Kopf gut fixirt und mit dem rechten Bulbus in Entfernung von 1,5 Meter vor einem viereckigen Ausschnitte im Fensterladen, von 23 Ctm. Höhe, 27 Ctm. Breite aufgestellt. Das Auge war nicht durch Fäden festgehalten, da sich herausstellte, dass Kaninchen es nach Einführung des Lidhalters gar nicht zu bewegen pflegen, wenn man kein Geräusch macht. Der Ladenausschnitt befand sich in der Höhe der untersten Scheibenreihe und war durch gewöhnliches Fensterglas gedeckt, während der Kaninchenhalter tiefer auf Stühle gestellt war. Die Richtung des Auges gegen den trüben und bewölkten Himmel wurde so erzielt, dass man mit dem Hinterkopfe im Ladenausschnitte nach der Cornea visirte und die Stellung des Kaninchens ausprobirte, bei welcher das Spiegelbild des Himmels an der Cornea, deren Centrum zu entsprechen schien. Anderes Licht fiel nicht in das Zimmer. Das Auge wurde 5 Minuten mit einem schwarzen Tuche bedeckt, 3 Minuten exponirt, der Kopf abgetrennt, der Bulbus vor der Natronflamme im anstossenden Dunkelzimmer eiligst exstirpirt, geöffnet und sofort in 4 p.ctg. Alaunlösung gelegt, was so rasch zu Stande kam, dass *Dr. Ewald* den zurückerhaltenen Kopf schon 2 Minuten nach Beendigung der Lebensexposition, mit dem linken Auge dem gleichen Verfahren unterziehen konnte. Die richtige Stellung des Auges zum Objecte musste hier einem glücklichen Griffe überlassen bleiben. Als am andern Morgen die milchweiss und zäher gewordenen Netzhäute vorsichtig im ganzen Umfange isolirt, vom Opticus abgeschnitten und gewendet wurden, zeigten sie auf prächtig rosenrothem Grunde je ein scharf berandetes, nahezu quadratisches, helles Bild, das im zweiten Auge ganz weiss, wie mit dem Lineal gezeichnet, im ersten noch hellrosa und etwas weniger scharf war. Die Grösse der Bilder, die beide auf den rötheren Netzhauttheil gefallen waren, betrug

etwas mehr, als 1 □Mm.; sie verschwanden natürlich in dem Maasse, wie beim Betrachten im Tageslichte der Grund ausblich, jedoch langsam genug, um sie mehreren competenten Zeugen vorlegen zu können. Der ersten Mittheilung dieses Versuches (l. c.) ist verbessernd hinzuzufügen, dass durch ein irrthümlich genommenes Maass der lichtgebende Ausschnitt als quadratisch und zu 30 Ctm. Seite angegeben ist. Erst als der Irrthum sich aufgeklärt hatte, wurde die Abweichung des Optogramms von der quadratischen Gestalt verständlich und ich erinnere mich deutlich, dass die längere Seite des Bildchens in die Richtung des oben beschriebenen, rothen Trennungsstreifen fiel, der horizontal in der Netzhaut liegt. Später wurde gelegentlich ein isolirtes Kaninchenauge unter sonst gleichen Umständen, vor dasselbe Object gehalten und darin ein Bildchen gesehen, das dem beschriebenen Optogramm vollkommen entsprach.

Um die gefundenen Optogramme mit grösster Sicherheit als solche, d. h. als Bilder wohl gekannter Objecte ansprechen zu dürfen, wurde in die Letzteren einige Abwechslung gebracht. Das Fenster meines optischen Zimmers schien dazu geeignet und um die Rahmung leichter kenntlich zu machen liess ich dieselbe durch angenagelte Bretter bis auf 22 Ctm. verstärken. Nachdem ich die unterste Scheibenreihe mit gelbem Glase verstellt hatte, befestigte ich ein albinotisches Kaninchen, dessen Auge nur mit einem Diaphragma belegt war, so hinter und unter dem Fenster, dass der Abstand der Cornea bis zur ersten farblosen Scheibe 1,75 Meter betrug. Brachte man das eigene Auge an die Stelle des Kaninchenkopfes, so sah man, schräg und aufwärts blickend, durch alle Theile des Fensters nur den Himmel. Die Entfernung bis zum Bogenschlusse des Fensters betrug mehr als 3 Meter. Wieder wurde das Thier einige Minuten mit einem Tuche bedeckt, durch Entfernen des letzteren, 3 Min. gegen den stark bewölkten, höchst trüben Himmel (11 Uhr) exponirt, decapitirt, das Auge sofort

exstirpirt, geöffnet in Alaun gelegt und 2 Min. später das andere Auge im Kopfe ebenso behandelt; hier war bei kurzer Betrachtung des umgestülpten Augengrundes im Tageslichte auf der schön rosafarbenen, schlüpfrig glänzenden Fläche kein Bild zu erkennen. Um so mehr überraschte der Anblick nach 24stündigem Liegen in Alaun: die Rückseite der Netzhaut dieses absterbend exponirten Auges zeigte das vollkommene Bild des Fensters, mit 2 Reihen viereckiger Ausschnitte und einer darüber befindlichen Halbmondfigur, weiss auf rothem Grunde, mit scharfen, rothen Kreuzen. Das Bild begann an dem rothen Trennungsstreifen der Retina und zeigte nach unten starke perspectivische Verkürzung, besonders der oberen Scheibenreihe und des Bogens. Da der Kopf normal auf dem Unterkiefer gelegen hatte, musste der oberste Theil des Fensters im Auge nach unten liegen, so wie es im Bilde gefunden wurde. Die starke Verkürzung in der Figur ist nach den angegebenen Entfernungen des untern und obern Fensterrandes vom Auge selbstverständlich und ein albinotisches Auge, das zum Vergleiche in derselben Lage gegen das Object gehalten wurde, lieferte mit seinem gleich gestalteten Bilde die Bestätigung dafür.

Der Versuch zeigt zugleich in sehr schlagender Weise, welche vortrefflichen Optogramme in der Stäbchenschicht vorhanden sein können, ohne dass sie sich beim Anblicke der Netzhaut von vorn verrathen, denn an diesem albinotischen Auge war auf dem einfach umgestülpten Grunde wohl die schönste Purpurfarbe kenntlich, aber, wie schon bemerkt, keine Schattirung wahrzunehmen, die auf ein Bild, geschweige denn auf ein so scharfes und immerhin recht grosses hätte schliessen lassen.

Auf der umgekehrten Netzhaut des ersten, im Leben exponirten Auges fand sich bei diesem Versuche kein ordentliches Optogramm, sondern nur eine kaum bemerkbare, fleckige Ausbleichung, von der es dahin gestellt sein mag, ob sie nach Grösse

und Anordnung dem, im andern Auge postmortal entstandenen Bilde entsprach. Die Lichtintensität war in beiden Versuchen, soweit der Augenschein darüber urtheilen liess, an dem trüben Himmel unverändert geblieben, das Wetter überhaupt so schlecht, wie denkbar, aber gerade darum sehr geeignet, um die Differenz der Lichtwirkung intra vitam und post mortem zu zeigen. Genügten die Umstände im ersteren Falle zur Optographie nicht, so konnte es nur daran liegen, dass im Leben die Regenerationsvorgänge mächtiger sind, als im Ueberleben, und dass die letzteren im ersten Falle bei der grade vorhandenen Intensität und angewendeten Belichtungszeit noch ausreichten, um an Stelle des entfärbten Purpurs neuen zu setzen.

Seit diesem Versuche habe ich noch mehrere in ähnlicher Weise am Lebenden z. Th. mit gutem Erfolge ausgeführt, doch muss ich mich an dieser Stelle beschränken, nur im Allgemeinen mitzutheilen, dass es guten Lichtes bedarf, um nach einigermaassen kurzer Zeit (3—5 Min.), wie es aus manchen Gründen für das Experimentiren am unvergifteten Thiere wünschenswerth ist, auf scharfe und farblose Optogramme rechnen zu dürfen. Da die Ausbildung der Optographie am Lebenden erst die Methode schafft, um dem photochemischen Processe des Seheactes nachzugehen, erfordert sie sorgfältigere Bearbeitung, als ich augenblicklich zu bieten vermag.

Dass die postmortale Optographie keine ernsten Schwierigkeiten bietet, erhellt aus dem Vorigen. Ich habe selbst leider lange nicht geahnt, dass das Experiment, dessen Aufnahme unter die Vorlesungsversuche in Zukunft anzunehmen ist, so einfach sei, wie es in Wirklichkeit ist. Man bedarf dazu nur eines frischen Auges und eines geeigneten, gegen den Himmel zu richtenden Objectes. Tageslicht reicht immer aus, auch das schlechteste. Wer Oberlichter benutzen kann, braucht entweder gar keinen Apparat, oder höchstens einen dunkeln Kasten, zu dem

das Object den Deckel bildet. Um Kopf, Auge und Object schräg zum Himmel zu richten, ist eine geeignete Vorrichtung einfachster Art wünschenswerth.

Unter den hiesigen Räumlichkeiten benutze ich gern einen grösseren Saal von 18 Met. Tiefe, der von zwei gegenüberliegenden Seiten durch je 3 grosse Fenster, von der Mitte der Decke durch 2 horizontale Fenster Licht von oben erhält. Die zum Object dienenden Oberlichter sind matt verglast und werden durch ein nach Norden gerichtetes, schwach geneigtes Glasdach von bedeutender Grösse erhellt. Der eiserne Rahmen dieser Fenster, mit sehr dünnen Kreuzen, hat 3,16 Met. und 2,27 Met. Seite und befindet sich 3,98 Met. über dem Auge, wenn ich dasselbe auf den gewöhnlich dazu benutzten Tisch lege. Parallel mit der kurzen Seite des Oberlichtes wurden in gleichem Abstande von der Mitte 60 Ctm. breite Bretter über die Scheiben gelegt, um einige Anhaltspunkte mehr im Optogramm zu bekommen. Im Kaninchenauge erhalte ich auf solche Weise weiss ausgesparte, ziemlich genaue Rechtecken von 6 und 4 mm. Seite mit zwei sie rechtwinklig kreuzenden, rothen Streifen von 1—1,3 mm., falls das Auge mit nahezu senkrechter Sehaxe gegen die Mitte der Lichtöffnung gestellt wurde, was am Bulbus leicht durch Auflegen auf die Oeffnung eines Gläschens, beim Kopfe durch eine weiche Tuchunterlage erreicht wird. Sind die Bilder recht scharf und in einer tief rothen Netzhaut, so enthalten sie seitlich gelegen das des zweiten Oberlichtes in Form eines schmalen Trapezes, perspectivisch verkürzt. Oefter habe ich auf einer Seite noch die 3 Lichtstreifen, welche die Seitenfenster an die Decke werfen, angedeutet gefunden. Im Ochsenauge erzielte ich unter gleichen Umständen Bilder von 17—18 mm. längster Seite, also 3 mal grössere, als im Kaninchenauge. Um das Auge vor der Belichtung einzustellen, genügt jede zur Hand befindliche Bedeckung, ein Kästchen, ein dunkles Tuch u. dergl. Obwohl es

image
not
available

Einfluss haben. Um Andern Mühe und Zeit zu sparen, ist noch hinzuzufügen, dass man im eben getrennten Kopfe, der öfter schnappende Bewegungen macht und Zuckungen an den Augen zeigt, zur Verhütung dieser Gefahr für die Optogramme das Hirn mit einer elastischen Sonde gründlich zerstören muss.

Die Bedeutung der unmittelbar nach dem Tode unumgänglichen Nothwendigkeit, die Exposition länger zu nehmen, als etwas später, scheint mir in dem Fortbestehen des Regenerationsvermögens zu liegen, das vermuthlich um so länger anhält, je weniger das Auge berührt wurde, also im Kopfe länger, als im isolirten Bulbus, in diesem länger, als im eröffneten Auge, während ich für das viel später sich geltend machende Bedürfniss die Belichtungszeit wieder und mehr zu steigern, als im Zustande des Ueberlebens, auf die Annahme zurückkomme, dass die trüb gewordenen Medien mit Einschluss der Retina jetzt vorzugsweise langwelliges, den Purpur sehr langsam zersetzendes Licht durchlassen. Ein anderer Grund dürfte kaum zu finden sein, denn wenn man solche abgestorbene Augen, die kein Optogramm mehr geben, betrachtet, so sieht man auf der Sklera Bilder, die den anfänglichen kaum nachzustehen scheinen. Dass hier die Netzhauttrübung wesentlich sei, bezweifle ich nicht, weil man an Netzhäuten, die mehr als eine Stunde alt sind, deutlich sehen kann, dass sie auf einer Porcellanplatte rascher ausbleichen, wenn man sie mit der Stäbchenseite gegen das Licht, als wenn man sie umgekehrt hinlegt, eine Differenz, die an frischen Netzhäuten der Säuger oder an der Retina des Frosches kaum wahrzunehmen ist.

Zuweilen bekommt man Optogramme, die durch einen eigenthümlichen Umstand entweder verschärft oder verdorben sind. Nach langer Belichtung besonders heben sich an den Alaunpräparaten häufig schwarze Pigmentfetzen mit der Retina ab, die nicht zu entfernen sind und entweder vom Bilde etwas verdecken,

oder so an den Grenzen scharf absetzen, dass das Bild im positiven wie im negativen Sinne verschärft erscheinen kann. Dasselbe ist mir einige Male bei im Leben aufgenommenen Optogrammen vorgekommen und dürfte dort doppeltes Interesse bieten, weil die von *Czerny* zuerst bemerkte Beweglichkeit des Pigmentes zwischen den Stäbchen, die, wie ich jetzt schon sagen kann, in einem gewissen Zusammenhange mit der Belichtung und mit den restitutiven Vorgängen nach der Belichtung steht, dabei im Spiele zu sein scheint. Für mich enthielt die Thatsache die Nöthigung, zu prüfen, ob nicht Optogramme gewissermaassen umgekehrt entstehen können, indem die Stäbchen bei der Trennung vom Epithel an der Retina abreissen und im dunklen Augengrunde, wo man ihre Farbe übersehen würde, stecken bleiben; die correspondirenden Stellen der Netzhaut würden dann auch farblos sein. So oft ich indess mit der Flachscheere aus den weissen Stellen der Optogramme Läppchen der hinteren Retinafläche abschnitt, habe ich die im Alaun sehr kenntlich bleibenden Stäbchen niemals vermisst. Ueberall wurde der Rasen dieser Gebilde continuirlich gefunden, im weissen Theile so gut, wie in dem rothen.

Weit schlagendere und zierlichere Bilder, als die vorhin besprochenen, habe ich von kleineren, stark genäherten Objekten erhalten, die mit Hülfe des erwähnten Pappringes über die Augen gelegt wurden. Der Pappring bestand aus zwei ineinander verschiebbaren Ringen, so dass die Entfernung des die Objecte tragenden Deckels, wozu eine matte Glastafel oder auf Rahmen gespanntes Oelpapier diente, von 18—30 Ctm. zum Auge gewechselt werden konnte. Mit diesem sehr primitiven Apparate habe ich die meisten Optogramme hergestellt, gewöhnlich unter freiem Himmel. Auf dem matt durchsichtigen Deckel wurden die Objecte aus schwarzem, undurchsichtigem Papier gebildet, indem z. B. Streifen von 4 Ctm. Breite in ebensolchen Abstän-

den neben einander lagen. Ueber diese kamen Pappscheiben mit quadratischem, dreieckigem oder kreisförmigem Ausschnitt, so dass man durch Verstellung der eckigen Diaphragmen zur Richtung der Streifen, oder durch Drehung des ganzen Objects zur Kopfaxe die mannigfaltigsten Bilder erzeugen konnte. Es würde zwecklos sein, über alle so erhaltenen Optogramme zu berichten, denn sie stimmten sämmtlich darin überein, dass sie die zu erwartenden verkleinerten Copieen der einfachen geometrischen Figuren darstellten. Waren die Augen schief untergelegt, so zeigten die Optogramme entsprechende Verzerrungen.

Es kann nicht die Aufgabe der physiologischen Optik sein, die Optographie zu der Vollkommenheit zu bringen, deren sie unter den geschickten Händen photographischer Techniker fähig sein mag. Ich habe mir aber das Vergnügen nicht versagen mögen, einige complicirtere Objecte optographisch aufzunehmen, so die Gartenseite des hiesigen Laboratoriums und ein menschliches Bildniss. Beide lassen bis heute viel zu wünschen übrig; von dem Hause war die Fensterreihe unverkennbar, an dem Kopfe (das Object war die S. 76 erwähnte, sehr grosse Photographie auf Glas) nur die Umrahmung, die Haargrenzen, Bart und Hemdkragen. Wer Musse dazu hat wird wahrscheinlich mehr erreichen und mit solchen Objecten annähernd ermitteln können, bis zu welcher Grenze die photochemische Zersetzung des Sehpurpurs Unterschieden der Lichtintensität folgt.

Erklärung der Tafel I.

Die nebenstehenden Abbildungen machen nicht den Anspruch, genau zu sein, wie es von bildlichen Darstellungen zu wissenschaftlichem Gebrauche gewünscht wird, denn es hat bisher kein Zeichner Garantie für die Treue der Handcopie einer flottirenden Membran, deren Aussehen sich beim Betrachten fortwährend ändert, übernehmen wollen. Die Abbildung getrockneter Optogramme auf convexer Unterlage von kleinem Radius hätte vollendetere Technik erfordert, um mehr als Das zu zeigen, worauf es ankam. Zur Verdeutlichung des im Texte Gesagten dürften die aus dem Gedächtnisse unter Anfrischung desselben durch neu hinzugekommene Präparate, welche eine Reihe von Modellen bildeten, noch willkommen sein.

Fig. 1. Kaninchennetzhaut ohne Optogramm.

a. Ausschnitt mit dem Locheisen an Stelle des Sehnerveneintritts;

b. weisser Streifen der markhaltigen Opticusfasern, worin rothe Linien die Blutgefässe bezeichnen.

c. der rothe Trennungsstreif, darüber die blassere, darunter die intensiver purpurrothe Netzhauthälfte.

Fig. 2. 3. 4. 5. Optogramme:

2 eines Ladenausschnittes (S. 94).

3 eines Bogenfensters (S. 96).

4 eines Oberlichtes (S. 98).

5 eines näheren Streifenobjectes (S. 101).

Die Abbildungen beziehen sich auf Alaunpräparate.

Carl Winters Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

In *Carl Winter's Universitätsbuchhandlung* in ***Heidelberg*** sind erschienen:

Verhandlungen

des

naturhistorisch-medicinischen Vereins

in

Heidelberg.

Neue Folge I. Band.

1. Heft. 1874. gr. 8⁰. brosch. 4 M.

Inhalt: Vorwort. — Verzeichniss der Mitglieder des Vereins. — **H. Bauke**, Zur Entwicklungsgeschichte der Cyatheaceen. — **Ad. Mayer**, Ueber die Aufnahme von Ammoniak durch oberirdische Pflanzentheile. — **Fr. Schulze**, Ueber die Resultate der Kaltwasserbehandlung des Typhus abdominalis im akademischen Krankenhause zu Heidelberg. — **R. Thoma**, Ueber den Einfluss des Wassergehaltes des Blutes und der Gewebesäfte auf die Formen und Ortsveränderungen farbloser Körper. — **L. Koch**, Zur Entwicklungsgeschichte der Cuscuteen. — **A. Pagenstecher**, Zoologische Miscellen. — Ueber den Ursprung einiger europäischer Schmetterlinge.

2. Heft. 1875. gr. 8⁰. brosch. 1 M. 60 Pf.

Inhalt: **W. Erb**, Ueber eine eigenthümliche Localisation von Lähmungen im Plexus brachialis. — **W. Erb**, Ueber Sehnenreflexe bei Gesunden und bei Rückenmarkskranken. — **Robby Kossmann**, Die Fauna der Wirbellosen in dem Küstengebiete des rothen Meeres. — War Goethe ein Mitbegründer der Descendenztheorie? — **Adolf Mayer**, Ueber Sauerstoffabscheidung aus Pflanzentheilen bei Abwesenheit von Kohlensäure.

3. Heft. 1876. Mit zwei Tafeln. gr. 8⁰. brosch. 3 M.

Inhalt: **E. Pfitzer**, Ueber die Geschwindigkeit der Wasserbewegung in der Pflanze. — **A. Horstmann**, Verbrennungserscheinungen bei Gasen. — **W. Kühne**, Ueber das Verhalten verschiedener organisirter und sog. ungeformter Fermente. — **W. Kühne**, Ueber das Trypsin. — **Ludw. Koch**, Ueber die Entwicklung des Samens der Orobanchen. — **A. v. Wolkoff**, Die Lichtabsorption in den Chlorophylllösungen.

4. Heft. 1876. Mit einer Tafel. gr. 8⁰. brosch. 8 M.

Inhalt: **W. Kühne**, Ueber das Secret des Pankreas. — Weitere Mittheilungen über Verdauungsenzyme und die Verdauung der Albumine. — **W. Lossen**, Ueber die Eigenschaften der Atome. — **M. Fohr**, Ein Bild der Lyssa. — **A. Horstmann**, Dissociation der Chlorsilber-Ammoniakverbindungen. — **Robby Kossmann**, Wissenschaftliche Ergebnisse einer Reise in die Küstengebiete des rothen Meeres, im Auftrage der königlichen Akademie der Wissenschaften in Berlin ausgeführt. — **L. Koch**, Untersuchungen über die Entwicklung der Crassulaceen.

5. Heft. 1877. Mit einer Tafel. gr. 8⁰. brosch. 2 M. 40 Pf.

Inhalt: **W. Kühne** und **A. Sh. Lea** aus Cambridge, Ueber die Absonderung des Pankreas. — **A. Ewald** und **W. Kühne**, Die Verdauung als histologische Methode. — **A. Ewald** und **W. Kühne**, Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems. — **A. Horstmann**, Ueber ein Dissociationsproblem. — **L. Morochowetz**, Zur Histochemie des Bindegewebes. — **W. Kühne**, Zur Photochemie der Netzhaut. — **E. Pfitzer**, Studien über Bau und Entwickelung epiphytischer Orchideen.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

BAND I. HEFT 2.

2. ERGÄNZUNGSHEFT ZU DEN VERHANDLUNGEN DES NATURHISTORISCH-MEDICINISCHEN VEREINS ZU HEIDELBERG.

INHALT.

UEBER DIE VERBREITUNG DES SEHPURPURS IM MENSCHLICHEN AUGE von W. KÜHNE. 103. — WEITERE BEOBACHTUNGEN ÜBER DEN SEHPURPUR DES MENSCHEN von W. KÜHNE. 109. — ZUR CHEMIE DER ALTERSVERÄNDERUNGEN DER LINSE von Dr. med. M. KNIES. 114. — DAS SEHEN OHNE SEHPURPUR von W. KÜHNE. 119. — UNTERSUCHUNGEN ÜBER DEN SEHPURPUR von A. EWALD und W. KÜHNE. 139. — KURZE ANLEITUNG ZUR VERWENDUNG der VERDAUUNG IN DER GEWEBSANALYSE von W. KÜHNE. 219.

MIT VIER HOLZSCHNITTEN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1877.

Diese Untersuchungen erscheinen in zwanglosen, auch einzeln käuflichen Heften, deren vier einen Band bilden.

Erschienen ist bereits:

Band I. Heft I. Inhalt: Zur Photochemie der Netzhaut (2. Abdruck) von W. Kühne. Über den Sehpurpur von W. Kühne. gr. 8°. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heidelberg.

***Carl Winter's** Universitätsbuchhandlung.*

Ueber die Verbreitung des Sehpurpurs im menschlichen Auge.

Von **W. Kühne.**

Durch die gütigen Bemühungen eines befreundeten Arztes ist mir die kaum erwartete Gelegenheit geworden, menschliche Augen von so vollkommener Erhaltung zu untersuchen, dass ich mit grösserer Sicherheit als früher (Heft 1, S. 35) die Verbreitung des Sehpurpurs in denselben zu bestimmen vermochte. Der Tod der etwa 40jährigen, an Lungenphthisis leidenden Patientin war Nachts in einem unbeleuchteten Zimmer eingetreten und ich erhielt die im Natronlichte exstirpirten Bulbi am andern Mittage nach sorgfältigster Conservirung derselben in Eis.

Die Cornea zeigte keine nennenswerthe Trübung und das ganze sehr schwach pigmentirte Auge mit zarter Sklera und blauer Iris war so durchsichtig, dass man von vorne den Hintergrund mit der Papille und den Gefässen vortrefflich sehen konnte, wenn es gegen die Natronflamme gerichtet wurde. Dem entsprechend schimmerte bei umgekehrter Stellung und passender Entfernung der Flamme deren Bild deutlich durch die Sklera.

Nach Halbirung der Augen im Aequator gelang die vollständige Entleerung des Glaskörpers leicht, und unter Salzwasser gebracht erschienen die Hintergründe vollkommen glatt, ohne Plicae centrales, während man bei kurzer Beleuchtung mit der Gasflamme den gelben Fleck und die Fovea centralis schwach

angedeutet erkennen konnte. Ebenso meine ich bei der ausserordentlich geringen Pigmentirung dieser Augen eine durch den Sehpurpur bedingte Nuancirung des hellbräunlichen Grundes in situ wahrgenommen zu haben, der Art, dass die Fläche nach dem Abheben der Netzhaut auffällig weniger röthlich erschien. Nach Behandlung der Papille mit dem Locheisen liessen sich die Retinae zwar ohne Risse und pigmentfrei, aber nicht so leicht wie gewöhnlich an Leichenaugen abziehen. Auf ein grosses Deckglas ziemlich glatt ausgebreitet zeigten sie vortreffliche Purpurfarbe, etwa so, wie die Netzhaut des Kaninchens. Am gelben Flecke und in der ausserordentlich deutlichen Fovea war keine Spur von Röthe zu erkennen und im Umkreise von etwa 2 Mm. um die Macula war die Purpurfärbung auffällig schwach.

Erst bei der mikroskopischen Betrachtung zeigte sich, wie ausserordentlich vollkommen die zartesten Elemente der Netzhaut erhalten waren, denn es fand sich nicht nur an der Fovea keine Substanzlücke, sondern es war hier die Mosaik der feinsten, dichtgedrängten, langen Zapfen und weiterhin die der von Stäbchen umkränzten Zapfen in der Macula mit solcher Schärfe zu sehen, wie dieses in *Max Schultze's* bekannter Abbildung dargestellt ist.

Im Beginne der Beobachtung, welche in möglichst gedämpftem Tageslichte vorgenommen wurde, waren auch nur wenige Krümmungen und Hirtenstabformen an den Aussengliedern der Stäbchen und Zapfen zu bemerken. Selbstverständlich erschien die gelbe Färbung der vorderen Netzhautschichten der Macula bei dieser Art der Betrachtung sehr ausgeprägt, mit schärferer Begrenzung gegen die Fovea, als gegen die äusseren Theile. In der Fovea war davon nichts wahrzunehmen. Während man an den aufgerichteten Stäbchen der peripheren Netzhauttheile den Purpur auch mikroskopisch vollkommen zu erkennen vermochte, war es nicht möglich, irgend welche Färbung an der Fovea zu constatiren. Die Betrachtung der Stäbchenflächen im gelben

Flecke führte zu keinem recht entscheidenden Urtheile, weil die gelbe Unterlage störte, aber ich kann auf das bestimmteste angeben, dass die Stäbchenaussenglieder der äusseren, noch gelben und vollends der nächst äusseren, vorher kaum als gefärbt erkennbaren Regionen, roth erschienen, als durch Zerren mit der Nadel Falten auf der Fläche erzeugt waren, an denen viele solche Stäbchen übereinander geschichtet auf der Seite lagen. Eine Falte, die mitten durch die Fovea und die centralen Theile der Macula gefallen war, liess dort aber kein Roth auftauchen. Wo das Letztere überhaupt zum Vorschein kam, verschwand es, wie der übrige Sehpurpur, bei längerer, schwacher Belichtung, indem es zunächst in gelbliches Chamois überging.

Am vorderen Abschnitte der Bulbi fand ich die Grenze des Purpurs, wie früher, in diesem Falle 3—4 Mm. hinter der Ora serrata und die Pars ciliaris natürlich frei von entsprechender Färbung.

Grüne Stäbchen, wie die von *Boll* im Froschauge entdeckten, waren in der menschlichen Netzhaut nicht zu finden, ebensowenig graue oder farblose zwischen den rothen, denn wo nur ein farbloses Element in den röthesten Theilen zum Vorschein kam, war dasselbe nach aussen, an dem geringeren Durchmesser und bei tieferer Einstellung, an der Gestalt des Innengliedes als ein zwischen den Stäbchen stehender Zapfen zu erkennen.

Nach diesen Beobachtungen dürfte die für die ganze Thierreihe gültige Thatsache der Abwesenheit des Sehpurpurs in den Zapfen auch für das Auge des Menschen unzweifelhaft sein. Dagegen wird es erneuerter Untersuchungen bedürfen, um festzustellen, ob in der Macula lutea, wenigstens nahe der Fovea, nicht echte Stäbchen ohne Purpur vorkommen, eine Frage, welche auch für die dem blossen Auge farblos erscheinende Zone an der Ora serrata noch der Beantwortung harrt. In unserem Falle war es für die letztere Untersuchung, während des Aus-

messens am Lichte, leider zu spät geworden. Wie im Vogelauge um intensiv und lichtbeständig pigmentirte Zapfen gruppirt, purpurfreie Stäbchen vorkommen, so könnten sich solche auch beim Menschen hinter dem nicht bleichungsfähigen, gelben Schirme der Macula finden, wenigstens da, wo derselbe kurzwelliges Licht am vollkommensten ausschliesst. So bevorzugten Stäbchen könnte dann auch für die Vermittlung farbiger, wenigstens dem rothen Spectraltheile entsprechender Empfindung, etwas von der Bedeutung zukommen, welche man, nach den jetzt am Menschenauge festgestellten Verhältnissen, wohl allgemeiner (vergl. S. 93) unbedenklich den purpurlosen Zapfen zuschreiben wird.

Heidelberg, den 21. April 1877.

Weitere Beobachtungen über den Sehpurpur des Menschen.

Von **W. Kühne.**

Am 24. d. M. war ich abermals in der Lage, frische menschliche Augen von gleicher Conservirung, wie die in der vorigen Mittheilung beschriebenen, zu erhalten. Die 22 Jahre alte Patientin war am Tage zuvor Mittags einem Ileotyphus erlegen; 10 Minuten vor dem Tode war das Krankenzimmer verdunkelt und es war in die wiederum an der Natronflamme exstirpirten Augen kein Licht gefallen, bis dieselben einen Tag später, 10 Uhr Morgens zur Untersuchung kamen. Während einer längeren Reise war die Eisconservirung mit Hülfe einer zweckmässig construirten Eisbüchse, die für den Zweck in transportabeler Gestalt angefertigt war, fortgesetzt worden.

An den Augen war die graugrünliche Iris durch die klare Cornea noch scharf zu erkennen, ebenso die helle Scheibe des eintretenden Sehnerven, wenn man von vorn gegen die Natronflamme blickte; dagegen war bei der ziemlich starken Entwicklung des Pigmentes nichts von den Gefässen des Augengrundes zu bemerken, obwohl die Flamme nach Umkehrung des Auges ihr Bild deutlich auf der hinteren Skleraflächc verzeichnete. Beim Eröffnen des ersten Auges durch den Aequatorialschnitt schlüpfte die hintere Retinahälfte mit einem grossen Theile des Glaskörpers heraus, indem sie in ziemlich weitem Umkreise um die Papille

und den gelben Fleck abriss; bei dem andern Auge gelang das Herausnehmen besser, aber in keiner Weise war es möglich, die vom Pigmentepithel leicht ablösbaren Netzhäute vom Glaskörper zu befreien: jedes kleinste Stückchen blieb hartnäckig an einem Klumpen des letzteren hängen, ein eigenthümliches Verhalten, das sich auch an 2 Tage feucht in der Zimmerwärme aufbewahrten Proben nicht änderte.

Den Purpur dieser Augen fand ich ausserordentlich blass, in der Aequatorialgegend geradezu hell lila, wie stark verdünnte, aber unbelichtete Purpurlösungen aus der Retina von Dunkelfröschen aussehend, während die Färbung im Hintergrunde, unweit der Macula lutea besser entwickelt war. Ob die Allgemeinerkrankung diesen mir neuen Zustand bedingte, ob die Effecte der Belichtung 10 Min. vor dem Tode durch die epitheliale Regeneration nicht mehr verwischt werden konnten: diese und andere sich aufwerfende Fragen vermag ich nicht zu beantworten; aber ich darf darauf aufmerksam machen, dass die letztere Auffassung nicht wohl zu vereinen ist mit der intensiveren Färbung der Gegend des Augengrundes, in welcher Reste von Optogrammen eher zu vermuthen waren, als in dem ganzen Umfange des aequatorialen Ringes, wenn man nicht die Annahme machen will, dass die Epithelfunction am Aequator zuerst erloschen sei. Uebrigens war der Purpur auch an den best gefärbten Stellen so wenig entwickelt, dass er bei der mikroskopischen Untersuchung wohl kenntlich, aber doch nicht deutlich genug erschien, um hinreichende Gegensätze gegen die purpurfreien Stellen der Fovea und des centraleren Theiles der Macula darbieten zu können. Einen grossen Theil der Netzhäute habe ich daher zur Anstellung von Bleichungsversuchen verwendet, in Ermangelung unbedeckten Sonnenlichtes nicht im Spectrum, sondern bei Gaslicht, hinter den pag. 64 u. 65 dsr. Unters. beschriebenen farbigen Lösungen, wozu eben die schwache Retinafärbung besonders geeignet schien.

Im Blau-Violet sah ich den Purpur schon nach 8 Min. nahezu, nach 12 Min. vollkommen verschwinden, im Grün nach 20 und 25 Min.; im Roth war die Differenz gegen ein gleichfarbiges, im Dunkeln zur Controle aufbewahrtes Retinastück erst nach 3 Stunden bemerkbar, nach 5 Stunden der Uebergang in helles Chamois sehr deutlich, und erst nach 8 Stunden war hier die Farbe vollkommen gewichen. Unterschiede im Verhalten des menschlichen Sehpurpurs zum farbigen Licht gegenüber dem der übrigen Wirbelthiere sind hiernach kaum wahrscheinlich.

Bei der mikroskopischen Untersuchung der Netzhäute gelang es nur an dem ersten Auge, wo der betreffende Lappen im Augengrunde haften blieb, die Macula mit der Fovea heil und glatt in die feuchte Kammer zu bringen, während die andere Netzhaut in der Fovea einen Substanzverlust von ovaler Gestalt erlitt. An beiden Augen überraschte mich die sehr geringe Ausdehnung der gelben Färbung, die nur etwa die Hälfte der in den früher untersuchten Augen beobachteten zu betragen schien, und während ich früher die ganze Fovea im Gegensatze zu *M. Schultze*'s colorirter Abbildung, in flacher Ausbreitung, von hinten gesehen nicht erkennbar durch die vorderen Retinaschichten gelb tingirt finden konnte, erstreckte sich hier das Gelb bis fast in's Centrum, so dass höchstens ein Kreis, dessen Durchmesser etwa 10—12 Zapfen einnahmen, sich ganz ungefärbt zeigte. Dazu fand sich noch ein Unterschied, indem in der ganzen Ausdehnung des gelben Fleckes und sogar dessen Peripherie etwas überschreitend, nur eine Art dicht gedrängter Elemente zu sehen war, nämlich, wie ich nicht zweifle, nur Zapfen. Erst im Umkreise der Macula, wo keine Spur von Gelb mehr zu sehen war, begannen die bekannten Figuren der in einiger Entfernung um die Zapfen gestellten Stäbchenkränze. An den letzteren fiel mir ausserdem auf, dass die Durchmesser der cylindrischen Aussenglieder geringer waren, als die der Zapfen, und zwar auch dann

noch, wenn man auf einen ziemlich weit hinter der Basis der conischen Zapfenaussenglieder gelegenen optischen Querschnitt einstellte. Ebenso auffällig war der etwa gleich starke Durchmesser der Zapfenenden mitten in der Fovea.

Es ist nicht festzustellen, ob die letztgenannten Abweichungen etwas mit der typhösen Erkrankung zu schaffen haben, was hinsichtlich der Zapfendicke und der Verbreitung des gelben Pigmentes ja denkbar ist; dass aber die Anordnung der Stäbchen und Zapfen, wie ich dieselbe bis jetzt gefunden, individuelle Differenzen beim Menschen in der Construction der lichtempfindlichen Retinaschichten aufdeckt, dürfte nicht bezweifelt werden.

Bei der geringen allgemeinen Purpurfärbung der beschriebenen Augen war auf deren Unerkennbarkeit im hinteren Umfange der Ora serrata, die mir hier wieder begegnete, kaum Gewicht zu legen und vollends musste ich darauf verzichten, die Abwesenheit des Purpurs durch mikroskopische Betrachtung der nach rückwärts aufgerichteten Stäbchen dieser Retinagegend zu constatiren. Indess habe ich nicht versäumt mir diese Theile in dem günstigen, frischen Zustande genauer anzusehen, den das Aussehen der trotz ihrer Vergänglichkeit wohl erhaltenen Zapfen überall sicherte, und ich muss sagen, dass mich der Stäbchenreichthum sowohl, wie die Menge der freilich im Baue modificirten, zapfenartigen Gebilde an der Ora serrata einigermassen überraschte. Wenn ich bisher an den menschlichen Augen im Allgemeinen eine mehrere Millimeter breite Zone hinter der Ora ganz purpurfrei fand, so kann ich nach den eben genannten Beobachtungen nicht mehr zweifeln, dass dies nicht auf Stäbchenarmuth, sondern auf Mangel an Purpur in den reichlich vorhandenen Stäbchen beruht.

Zu meinem Bedauern wurden Messungen der Fovea und des gelben Fleckes, welche zu anderen Untersuchungen weitere Verwendung fanden, in diesem, wie in den früheren Fällen versäumt

und ich muss mich darum auf die Angabe beschränken, dass an den hier besprochenen Augen, ganz abgesehen von der Ausbreitung der gelben Färbung, die Entfernung der ersten Stäbchenkränze vom Centrum der Fovea gerechnet, gewiss das Doppelte, wenn nicht mehr betrug, als an der in der vorigen Mittheilung geschilderten Retina. Wie ich selbst suchen werde, bei künftigen Gelegenheiten diesen Mangel zu ersetzen, so werden hoffentlich andere Beobachter, welche öfter das Glück haben, frische menschliche Augen zu untersuchen, gern ihre Aufmerksamkeit auf die jetzt sehr zu vermuthenden häufigeren, individuellen Unterschiede im Baue des wichtigsten Theiles unserer Netzhaut richten.

Heidelberg, den 22. Mai 1877.

eliminirt sind, habe ich auf Veranlassung dieses meines verehrten Lehrers eine chemische Untersuchung der Substanz des Linsenkernes unternommen.

Das Material hierzu bestand in ca. 150 ohne die Kapsel extrahirten cataractösen Linsen, die von Professor *Förster* in Breslau extrahirt und durch die Güte von Professor *Cohnheim* ebendaselbst in den Besitz von Prof. *Kühne* gelangt waren; sie waren in Alkohol aufbewahrt worden. Da die Aufbewahrungsflüssigkeit möglicherweise öfters gewechselt worden war und die Bestandtheile des Linsenkernes eben nur vermuthet werden konnten, so wurde von einer quantitativen Analyse abgesehen. Zudem war durch die Aufbewahrung in Alkohol eine Bestimmung des ursprünglichen Gewichtes und des Wassergehaltes unmöglich geworden.

Die Linsenkerne wurden nach völliger Erschöpfung mit Alkohol und darauf mit Aether in Wasser einmal aufkochen gelassen, um die Verdauung zu erleichtern, die durch einen etwaigen Aethergehalt des Materials etwas erschwert worden wäre. Sowohl der Alkohol-, als auch der Aetherauszug war quantitativ sehr unbedeutend; ersterer bestand wesentlich aus sogenanntem Myelin, letzterer vorwiegend aus Fett, zum Theil in Krystallen. Die so charakteristischen Cholestearinkrystalle fehlten in beiden vollständig.

Am 5. Juni wurden die so behandelten Linsen Morgens um $^1/_2$ 10 Uhr mit 100 Cubikcentimeter Salzsäure von 0,2 $^0/_0$ und 1 Cubikcentimeter Pepsinglycerin bei 40^0 C. der Verdauung unterworfen. Am 6. Juni Morgens waren die Corticalisreste alle gelöst; es blieben die jetzt alle ziemlich gleich grossen und gleichmässig braun gefärbten Kerne übrig. Die überstehende Flüssigkeit wurde klar abgegossen und die Linsen von Neuem mit 100 Cubikcentimeter Verdauungsgemisch behandelt. Da bis Nachmittags 4 Uhr keine wesentliche Veränderung zu bemerken

war, so wurden die Kerne im Porzellanmörser möglichst zerrieben, was bei der Härte derselben ziemlich schwierig war.

Die wieder in den Verdauungsapparat zurückgebrachte Masse zeigte sich am 7. Juni früh Morgens bis auf einen unbedeutenden flockigen Niederschlag völlig gelöst. Zur Erleichterung der Trennung von Flüssigkeit und Niederschlag liess man letztern nach dem Erkalten erst völlig absetzen und filtrirte dann. Die Flüssigkeit gab die Reactionen des Peptons und unterschied sich in Nichts von einer durch Eiweissverdauung erhaltenen Peptonlösung. Der Niederschlag, der grösstentheils amorph war und nur spärliche Reste veränderter, aber noch kenntlicher Linsenfasern enthielt, wurde auf dem Filter gut ausgewaschen und dann mit einer Sodalösung von $1/2$ % behandelt. Es löste sich hierbei der grösste Theil des Niederschlages auf und beim Ausäuern ergab sich erst beim ziemlichen Ueberschuss von Essigsäure ein flockiger Niederschlag, der demnach in seinem Verhalten dem sogenannten Nucleïn entsprach. In wie weit in demselben auch Mucin enthalten war, liess sich bei der geringen Menge und dem Mangel an entscheidenden Reactionen natürlich nicht feststellen. Mikroskopisch war der Niederschlag völlig amorph und eine etwaige Wägung wäre bei der geringen Menge voraussichtlich resultatlos geblieben und wurde deshalb auch nicht vorgenommen.

Bekanntlich war die bisher allein versuchte Erklärung über die Kernbildung die, dass derselben eine Verhornung, eine Umwandlung in Keratin entspreche (vergl. *Becker* l. c. pag. 263). Es stützte sich diese Meinung hauptsächlich auf theoretische Speculationen und auf die Analogie in Aussehen und sonstigem Verhalten mit der Epidermis, mit der ja die Linse genetisch völlig identisch ist. Die vorliegende Untersuchung hat aber nachgewiesen, dass die Substanz des Linsenkernes nicht Keratin sein kann, dass dieselbe vielmehr eiweissartiger Natur ist. Freilich

zeigt sie gewisse Unterschiede im chemischen Verhalten andern Eiweissstoffen gegenüber, doch sind dieselben nur von secundärer Bedeutung und können diese Thatsache nicht umstossen. Ob die erwähnten Verschiedenheiten auf blos mechanischem Wasserverlust beruhen, oder ob sie vielleicht etwa einer Anhydridbildung entsprechen, welch Letzteres gewisse Wahrscheinlichkeiten für sich hat, lässt sich einstweilen nicht entscheiden.

Die Zusammensetzung der Linse im Alter wird demnach mit Ausnahme des Wassergehaltes, wie qualitativ, so auch quantitativ nicht sehr verschieden sein von der, die *Berzelius* seiner Zeit für die menschliche Linse gefunden hat (cf. *Frey*, Histologie pag. 279), wenn man die dort gefundenen 2,4 % Filterrückstand („die Wände der Linsenröhren") mit zu den Eiweissstoffen rechnet.

Dem histologischen Verhalten nach müssen wir annehmen, dass die Umwandlung des Globulins in einen, in den gewöhnlichen Lösungsmitteln schwerer, wenn nicht unlöslichen, Eiweisskörper an der Peripherie der Linsenfasern beginnt, sich zuerst als Membranbildung darstellt und erst später den ganzen Inhalt der Linsenröhren ergreift. Ob hierbei auch die Kerne der Linsenfasern chemisch sich verändern, liess sich leider nicht eruiren. Die Menge des erhaltenen Nucleïns war eben zu gering, um Schlüsse zu erlauben. Ein Controlversuch mit ungefähr dem gleichen Volum Schweinslinsen, die wesentlich noch aus Globulin bestanden, liess in Betreff der Menge des Essigsäureniederschlags in der Sodalösung aus dem Verdauungsrückstand der Schätzung nach keinen merklichen Unterschied erkennen; demnach muss die Frage, ob in den Fasern des Kernes noch Nucleïn enthalten sei, offen gelassen werden, wenngleich die Wahrscheinlichkeit für dies Verhalten zu sprechen scheint.

Das Hauptresultat dieser Arbeit besteht also in dem Nachweise, dass die Substanz des Linsenkernes nicht, wie man bisher

allgemein annahm, Keratin, sondern ein Eiweissstoff sei, der sich wesentlich nur in seinen Löslichkeitsverhältnissen von den übrigen Proteïnkörpern unterscheidet. Da auch die Linsenkapsel, wie von *Ewald* und *Kühne* nachgewiesen wurde, einen Eiweisskörper und nicht elastische Substanz enthält, so besteht das ganze Linsensystem mit Ausnahme der überall vorhandenen Extractivstoffe und anorganischen Salze im Wesentlichen aus Körpern der Eiweissgruppe.

Das Sehen ohne Sehpurpur.

Von W. Kühne.

Die purpurfreien Netzhäute vieler Vögel und Reptilien bezeugen die Möglichkeit des Sehens ohne Sehpurpur und dass Theile der Netzhaut ohne Purpur sehen, beweist das Sehvermögen der Zapfen, welche nirgends purpurhaltig sind. Dass wir ausserdem alles Sichtbare ohne Betheiligung unseres Netzhautpurpurs sehen können und gewohnt sind zu sehen, beweist die gänzliche Abwesenheit des Purpurs in der Fovea centralis und in deren nächster Umgebung im gelben Flecke des menschlichen Auges und da wir diese Theile zum Fixiren gebrauchen, wobei bekanntlich nicht nur Lichtintensitäten fein unterschieden und in der Empfindung localisirt werden, sondern auch sämmtliche Farben mit Einschluss von Schwarz und Weiss zur Wahrnehmung kommen, so wissen wir, dass allen Anforderungen, welche wir an ein Sehorgan stellen können, genügt wird ohne den Purpur.

Man könnte hiernach an der wesentlichen Bedeutung des Sehpurpurs in den Stäbchen für das Sehen zweifeln und vollends die Hypothese unwahrscheinlich finden, nach welcher die photochemischen Bleichungsprodukte des Purpurs die Bedeutung chemischer Reize für das Opticusende im Sinnesepithel haben und um so mehr Bedenken dagegen hegen, als es bei den Vögeln auch Stäbchen ohne Purpur gibt, welche doch gewiss sehen. Im Sinne der Hypothese den Purpur, wo er vorkommt, für das ausschliess-

liche actinische Reizmittel in den Stäbchen zu halten, ist schon wegen der geringen Veränderlichkeit des Farbstoffes im äussersten violetten, ultravioletten und rothen Lichte kaum statthaft. Es ist mir zwar bei bedeutender Intensität gelungen, mit dem reinen Roth und Orange ohne Gelb den Purpur nicht nur isolirter Froschnetzhäute, sondern auch am lebenden Frosche vollkommen zu bleichen, allein man muss wegen der Langsamkeit der Entfärbung wol zweifeln, ob dieselbe bei der prompten und intensiven Empfindung in Frage komme, welche uns der Reiz des Roth, ganz abgesehen von der farbigen Wahrnehmung, welche die Zapfen vermitteln dürften, erzeugt. Ungefärbte, actinische Sehreger, die hier neben den farbigen anzunehmen wären, welche vornehmlich auf die beiden Endfarben des Spectrums reagiren, würden zudem in den Stäbchen in der günstigen Lage sein, gerade dasjenige Licht zu empfangen, das der Purpur am wenigsten absorbirt. Abgesehen von der Wahrscheinlichkeit der photochemischen Erregungshypothese im Allgemeinen hat deren specielle Annahme auf Grund des actinischen Verhaltens des Sehpurpurs so viel Einladendes, dass ich sie beizubehalten gedenke bis sich entweder vollgültige Beweise dafür, oder damit ganz unvereinbare Thatsachen finden. Es sind auf die Hypothese so viele Hoffnungen zu setzen und sie verspricht noch im Falle der Widerlegung so fruchtbar zu werden, dass ihr nur Freunde, wie Gegner in gleichem Maasse zu wünschen sind, die letzteren besonders, um sie vor dem Schicksale zu bewahren, im Zustande des Problems für mehr als dieses genommen zu werden. Ich will es darum selbst nicht unterlassen auf Grund von Thatsachen eine Gegenhypothese anzudeuten.

Indem ich nach purpurreichen Sehorganen suchte und die grossen Sehstäbe des Flusskrebses vornahm, fand ich deren Färbung zu meiner Ueberraschung in so geringem Grade lichtempfindlich, dass bei diesem Auge jeder Gedanke an Verallgemeine-

rung der bis jetzt am Sehpurpur der Wirbelthiere festgestellten Vorgänge schwinden musste. Ich fand den Purpur hier entsprechend der Beschreibung und Abbildung *M. Schultze*'s violetter oder bläulicher, als den irgend eines Wirbelthieres: selbst recht intensiv oder dunkel gefärbte Stäbe erschienen mehr purpurviolet, als die in dieser Beziehung am meisten ausgezeichnete Farbe der Eule. Da unter dem Miskroskope an der Färbung, trotz bester Belichtung, in Stunden keine auffällige Abnahme zu bemerken war, so dass ich auf den Gedanken kam, dass die immer seitlich mit schwarzem Pigment behafteten, farblosen Schichten, welche sich zwischen die purpurnen Platten drängen, diese fortwährend regenerirten, versuchte ich die Bleichung durch übermächtiges Sonnenlicht und nach sonstigen Einwirkungen, von denen ich annehmen konnte, dass sie den Regenerator vernichteten. Erwärmen auf 35—40° C. hob die Färbung nicht auf, verlieh ihr jedoch auch keine Vergänglichkeit im Lichte; bei 47° C. begann Entfärbung im Dunkeln und ebenso wirkte gesättigte NaCl-Lösung. Hieraus allein erhellt schon die Verschiedenheit des Farbstoffes von dem der Wirbelthiere. Abgestorbene und übelriechende Krebse boten nach dem Liegen in der Sonne noch die schönsten Stäbchenfärbungen dar, ebenso an der Sonne eingetrocknete, wieder befeuchtete und weiter besonnte mikroskopische Präparate des Augeninhaltes. Aus 24 Krebsaugen gelang es so viel der weichen Masse zu entleeren, dass der Versuch des Auflösens in farbloser Galle zu machen war. Es ging freilich eine schwarze Tinte durch das Filter, aber das Pigment setzte sich in einem Tage so vollkommen zu Boden, dass ich eine schön violette Lösung klar abheben konnte. Die Operation war überflüssiger Weise im Dunkeln gemacht worden, denn die Lösung konnte durchaus nicht für lichtempfindlich gelten. Ich will zwar nicht sagen, dass die Farbe nach mehrtägigem Stehen im Freien unter gelegentlichem

Sonnenscheine nicht etwas verloren hätte, aber sie blieb doch noch in der stark gefaulten und getrübten Flüssigkeit sehr kenntlich, und als ich die Glycocholsäure mit wenig Essigsäure ausfällte, färbte sich der Niederschlag hellviolet und blieb so während einiger Tage. An den mikroskopischen Stäbchenpräparaten glaubte ich nach mehrstündiger Einwirkung der Sonne, namentlich wo weniger schwarzes Pigment die Stäbe umgab, etwas Abblassen in Lila zu bemerken: an eine irgendwie auffällige Lichtempfindlichkeit war aber auch dabei nicht zu denken. Krebse, die ich lebendig ganze Tage im hellen Sonnenlichte gehalten hatte, zeigten endlich keine schwächer gefärbten Stäbe und hier war auch intensives farbiges Licht ohne Wirkung. Man wird nach diesen Beobachtungen vermuthen müssen, dass bei vielen Wirbellosen eine nicht lichtempfindliche Stäbchenfärbung vorkomme, und ich muss bekennen, dass mir erst nach dieser Erfahrung das lange Verborgenbleiben der Lichtempfindlichkeit des Sehpurpurs verständlich wird, da fast alle Beobachter des Vertebratenpurpurs mit den Erinnerungen an lichtbeständige Farben Wirbelloser an die Arbeit gingen. Die leichtere chemische Zerstörbarkeit der letzteren dürfte auch den Gedanken zuerst erweckt haben, dass das Schwinden der Retinafärbung zu den Vorgängen des Absterbens zähle.

Unter der Voraussetzung, dass die Sehstäbe der Wirbellosen und deren aus Plättchen gebauter, bei vielen Species gefärbter Antheil morphologisch und physiologisch den purpurnen Stäbchen der Wirbelthiere vergleichbar sei, kann die Indolenz der Farbe gegen Licht zu der Vorstellung führen, dass man auch den wahren Sehpurpur seiner Function nach für einen der vielen, farbiges Licht absorbirenden Stoffe halten müsse, womit wir das Auge in so auffälliger Weise ausgestattet finden, und dass er demnach dem gelben Pigmente in der macula lutea, den farbigen Oeltropfen bei Vögeln und Reptilien, der oft sehr

entwickelten, gelben Linsenfärbung mancher Fische, sowie dem lebhaft orangefarbenen Protoplasma, das jüngst Dr. Ewald in einer der vorderen Zellenlagen der Cornea vom Flussbarsch entdeckte, anzureihen wäre. Dem Sehpurpur bliebe mit dieser Annahme nur darin etwas Besonderes vorbehalten, dass er zugleich eine Art Adaption für das Licht, und in ganz hervorragender Weise, für farbiges Licht vermittelte. Die Eigenthümlichkeit des Purpurs in zwei Stadien zersetzt zu werden, indem zunächst Sehgelb entsteht, aus welchem erst fortgesetzte Belichtung das vollkommen farblose Sehweiss erzeugt, und die Eigenschaft des kurzwelligen Lichtes, das letztere Product am leichtesten herbeizuführen, würden der Betheiligung dieses veränderlichen, farbigen Schirmes eine grosse Mannigfaltigkeit zuweisen. Indem die totale Zersetzung des Purpurs dasselbe erzeugt, wie starke Verdünnung der farbigen, das Stäbchenaussenglied tränkenden Lösung und den Durchgang des Violet, neben Roth durch die Reste unzerlegten Purpurs besonders begünstigt, der Anfang der Bleichung aber, weil er Sehgelb erzeugt, grade den Durchgang von Violet und Blau einschränkt, ohne das Roth zu hemmen, begreift man, wie der wechselnde Farbenschirm nicht allein bald für diese, bald für jene Farbe angreifbarer wird, sondern auch bald mehr von der einen, bald mehr von der andern durch das Stäbchen fallen lässt, in welchem dann noch weitere Wirkungen auf andere lichtempfindliche Stoffe möglich würden. So viel ich sehe, würde die neue Hypothese übrigens keinen Gegensatz zur früheren enthalten, sondern damit in viel versprechender Weise zu vereinigen sein. Denn, nehmen wir an, das purpurfarbene Stäbchen enthalte noch eine oder mehrere weitere, farblose, besonders durch Roth und Violet angreifbare Substanzen, so würden eben diese Strahlen beinahe ungehemmt dahin gelangen, während das übrige farbige Licht erst nach geschehener Bleichung hinzuträte, zunächst unter Einschränkung des Violet, die bei gelbem und grünem Lichte

am stärksten, bei blauem, hinlängliche Zeit oder Intensität vorausgesetzt, am geringsten wäre. So würde längere oder intensivere Belichtung sich je nach der Wellenlänge den Zugang zu den lichtempfindlichen Stoffen einerseits erzwingen, andrerseits erschweren können.

Nach solchen Ueberlegungen schien es mir vor Allem geboten, festzustellen, ob und Was ohne Sehpurpur oder nach dessen Ausbleichung noch gesehen werden könne. Ein Theil der Arbeit ist, wie eingangs angedeutet, bereits entbehrlich geworden oder durch unsere tägliche Erfahrung beim Fixiren vollzogen, aber wir wissen weder, ob wir mit unsern Stäbchen noch sehen, wenn der Purpur gebleicht ist, noch ob das Sehvermögen unserer Zapfen zur Zeit und unter Bedingungen, welche die benachbarten Stäbchen des Purpurs berauben, erhalten bleibt. Der Augenspiegel lässt uns bis heute über die Veränderungen unseres Sehpurpurs im Unsichern, da zuverlässige Ophthalmologen dessen Sichtbarkeit in situ und im Leben überhaupt und wol mit Recht leugnen. Ich zweifle zwar nicht, dass unsere Frage dennoch schliesslich beim Menschen in Angriff zu nehmen und damit endgültig zu entscheiden ist, aber bei der jetzigen Sachlage hielt ich auch Versuche an Thieren für ausführbar und nützlich.

Schon S. 93, Heft 1, dieser Untersuchungen wurde behauptet, dass Frösche mit farbloser Retina noch sehen; ich hoffe den Beweis dafür durch die folgenden Beobachtungen bringen zu können. Im Leben erzielt man die Ausbleichung beim Frosche nach *Boll* bekanntlich durch längere oder sehr intensive Belichtung. Damit man sich keine falsche Vorstellungen von der Veränderlichkeit der Retinafärbung im lebenden Frosche mache, will ich darüber zunächst einige Erfahrungen anführen. Im Januar blieb die Retina von Fröschen, die von Morgens bis Abends im Freien auf weisser Unterlage gesessen hatten, von nahezu normaler Farbe, wenn der Himmel continuirlich bedeckt war, und im Juni habe ich es kürz-

lich erlebt, dass Frösche, welche am Morgen in der Sonne gesessen hatten, wobei sie den Purpur sicher einbüssten, während eines vierstündigen Gewitterregens im Freien wieder geröthete Netzhäute bekamen. Im direkten Sonnenlichte erfolgt dagegen die Ausbleichung namentlich im Sommer sehr rasch, etwa in 15 Min. Man hüte sich jedoch solche Thiere für geblendet zu halten, denn sie sehen und sehen offenbar gut, so gut, wie alle Frösche sehen, die bei diffusem mittlerem Tageslichte, im Sommer in etwa einer Stunde um ihren Purpur gekommen sind, und sie fahren fort zu sehen, ohne sich gegen die Sonne zu schützen und ohne etwa continuirlich neuen Purpur zu erzeugen. Bringt man sie in's Dunkle so stellt sich der Purpur nicht „alsbald" wieder her, wie *Boll* irrthümlich angab, sondern wie ich fand und *Boll* seitdem bestätigt, später, als in einer Stunde, und die ersten bemerkbaren Spuren der Färbung kommen erst in etwa 30 Minuten zum Vorschein. Dieser Umstand ist von ausserordentlicher Wichtigkeit, denn wenn solche farblose Retinae wirklich noch sehen, so kann nicht davon die Rede sein, dass sie mit Hülfe eines in gleichem Maasse durch das Licht beständig verzehrten und ebenso beständig wieder hergestellten Purpurs sehen.

Um die folgenden Versuche, zu welchen direktes Sonnenlicht erforderlich war, anstellen zu können, mussten die Frösche vor Erwärmung geschützt werden, sowohl zur Vermeidung von Täuschungen, welche die Empfindung der Wärme verursachen konnte, wie zur Verhütung des Todes durch Wärmestarre, welcher die Frösche auch in der kälteren Jahreszeit, in geschlossenen Gläsern, an der Sonne unerwartet früh erliegen. Ich habe deshalb alle Experimente unter einem beständigen Sprühregen kalten Wassers angestellt.

Unzweifelhaft liebt der Frosch das Dunkle und sucht besonders bei mässigem Lichte die dunkelsten Stellen auf, die er erreichen kann. Ausserdem hat er Vorliebe für die Enden und

Ecken seines Gewahrsams, selbst wenn diese keinen Schatten bieten. Da ich unter Anderem die Platzveränderung der Frösche als Reaction auf Lichtempfindung benutzen wollte, so nahm ich Gefässe mit kreisförmigem Boden. Legt man über ein belichtetes Gefäss eine schmale Leiste, so marschiren Frösche darunter, deren Schatten entsprechend, in einer Reihe auf, die bei Raummangel oft sehr kunstgerecht durch Anlegen der Köpfe hergestellt und mit der Sicherheit der Sonnenuhr bewahrt wird. Gibt es in dem Raume gar keinen Schatten, so wendet sich der grösste Theil auffälliger Weise mit den Augen zur Sonne und starrt in den Himmel. Es fällt ihnen nicht ein, dem grellen Lichte den Rücken zu wenden oder sich zu ducken, sondern sie sitzen viel höher aufgerichtet, als sie es sonst gewohnt sind, mit abwärts gestreckten Vorderbeinen da. Während die Thiere sich zur Ausnutzung eines ungenügenden Raumes im Schatten sehr gut einzurichten wissen, sieht man sie in der Sonne niemals eine Anordnung treffen, durch welche sie sich etwa untereinander vor dem Lichte schützen könnten. Ebensowenig schützen sie das Auge durch Einziehen oder Vorlegen der Nickhaut.

Ich nahm eine grosse Porzellanschale mit ebenem, glattem Boden und befestigte darin einen Glasstreif, der den Fröschen den Zugang zu dem halbmondförmigen Schatten verwehrte, welchen der gegen die Sonne gelegene, senkrecht aufsteigende Schalenrand erzeugte und bedeckte das Ganze mit einer grossen Glasplatte, auf die das Kühlwasser rieselte. In wenigen Minuten sassen alle Frösche an dem nicht beschatteten Glasstreifen, wie sehnsüchtig nach dem dunkleren Platze schielend, und einigen kleineren Exemplaren gelang es wirklich, sich zwischen Glasstreif und Deckel durch- oder einzuzwingen. Wie gross das Bedürfniss demnach sein mag, dem Auge Ruhe zu verschaffen, so habe ich doch niemals beobachtet, dass die Frösche dasselbe nach einer unfern gelegenen, beschatteten Mauer oder nach einem andern dunkeln Gegen-

stande, der ausserhalb des Behälters lag, richteten. Gab es keinen für sie erreichbaren schattigen Platz, so wurde von der ganz überwiegenden Majorität immer die Stellung und Blickrichtung genommen, welche die intensivste Lichtempfindung gewähren musste der Art, dass wenn ich ihnen darin mit dem eigenen Auge zu folgen suchte, ich sofort, von dem wolkenlosen Himmel in der Nähe der Sonne geblendet, zurückprallte.

Wie mir selbst, wird Jedem, der die Beobachtung anstellt, einfallen, der Frosch habe Scheu seine grössere Hautfläche, die in den meisten Fällen von der Sonne getroffen wird, der Erwärmung auszusetzen, und dass er deshalb, ähnlich wie wir beim Baden, der Sonne nicht den Rücken wende. Als ich indess wirklich geblendete, d. h. blinde, der Augen beraubte Frösche, die zum Vergleiche Wochen zuvor operirt und sehr munter waren, zu dem Versuche verwendete, fand ich bei diesen gar keine Neigung zur Aufrichtung und Drehung des Kopfes nach dem Lichte: von mehr als einem Dutzend sassen einige wohl in hochhockender Stellung, aber oft so, dass gerade der Rücken gründlich besonnt wurde; andere sassen geduckt, und niemals zeigte die Mehrheit Neigung die Sonnenseite des Gefässes zu bevorzugen. Da ich den Durchgang wärmender Strahlen weder durch das Glas, noch durch das Wasser in ausreichendem Maasse verhindern konnte, versuchte ich wenigstens deren Effecte auf die Froschhaut zu mindern und construirte zu dem Ende ein Gefäss aus Weissblech von der Gestalt und den Dimensionen der bis dahin benutzten Porzellanschalen, 7 Ctm. hoch, bei 28 Ctm. Durchmesser. Durch das Centrum trat am Boden die Mündung eines Leitungsrohres ein, das beständig erneuete Füllung mit kaltem Wasser bis zu einigen, 4 Ctm. höher, am Rande angebrachten Abflussröhrchen gestattete. Darin mussten die Frösche schwimmen und ich hatte es am Wasserhahne in der Hand, ihnen durch heftige Strömung das Erreichen und Festhalten der Sonnenseite beliebig zu erschweren.

So fand ich die Thiere nach kurzer Belichtung schon in angestrengter Arbeit Kopf und Augen gegen die Sonne zu wenden und nach einiger Zeit hatten sie sich sämmtlich an dem entsprechenden Rande mit aufgereckten Köpfen versammelt, wo das Auge nicht den mindesten Schutz fand. Diese Lage wurde mit verzweifelten Anstrengungen, unter lebhaftem Gequacke länger als 15 Minuten, bis zur Ermüdung festgehalten und nach der Erholung wieder aufgenommen. An den blinden Fröschen zeigte sich nichts der Art; diese schwammen vielmehr behaglich nach allen Richtungen umher.

Hiernach ist es zweifellos, dass der Frosch mit dem Auge das blendendste Licht sucht, falls er demselben nicht entgehen kann. Da er bei vorhandener Wahl sich dem Lichte jedoch entzieht, so wird man nicht annehmen können, dass der Reiz des intensiven Lichtes ihm besonders gefalle; das Licht muss nur etwas Fesselndes für ihn haben, wie für so manche Thiere, die demselben zugehen, auch wenn es ihr Verderben ist. Der Frosch ist dabei jedoch in der günstigen Lage, nicht einmal an seinem Auge Schaden zu nehmen, denn er wird von der Sonne nicht geblendet, wie wir, sondern er fährt fort zu sehen, wie sich jetzt zeigen wird.

Ohne Zweifel ist das Auge dem Frosche das wichtigste Organ, um Gefahr zu merken und ihr zu entrinnen. Ich kann blinde, aber darum nicht weniger lebhafte Frösche aus einer grossen flachen Schale, nach geräuschloser Entfernung des Deckels einzeln, nacheinander herausheben, ohne dass einer entschlüpft, wenn ich heftigere Bewegungen des Wassers vermeide, während ich die grösste Noth habe die sehenden Frösche umzusetzen, auch wenn sie stundenlang besonnt sind. Setzte ich blinde und sehende Frösche in grosse Glasaquarien, aus denen sie nicht herausspringen konnten, in die Sonne, so geriethen die letzteren bei der leisesten Annäherung, vollends nach einigen drohenden Greifbewegungen in höchste Unruhe und schlugen in rasenden

Sprüngen das spärliche Wasser zu Schaum, während die ersteren sich unter gleichen Umständen in ihrem Gefässe nicht rührten. Dass die blinden Frösche eben so lebhaft sein können, wie sehende, bemerkt man an den nachhaltigen Springübungen, welche sie nach einigem Aufrütteln anstellen.

Frösche fangen bekanntlich mit grosser Behendigkeit Fliegen, nachdem sie dieselben längere Zeit mit bedächtig glotzendem Blicke aufs Korn genommen haben. Man muss zu dem Versuche ein trocknes Glas nehmen und auch den Frosch gut abtrocknen, damit die Fliege nirgends durch Ankleben an der freien Bewegung gehindert wird, oder am Boden umkommt. Der Frosch scheint anfänglich das lebendige Futter kaum zu bemerken, so wenig wie die Fliege Ahnung von der Gefahr hat, indem sie ihm über Augen und Nase läuft, was seine Ruhe kaum stört und ihn allenfalls veranlasst, sich mit der Pfote über den Kopf zu wischen. Begibt sie sich aber in den oberen Theil des Glases, so wird der Frosch aufmerksam und stülpt in der Regel das dahin gewendete Auge in sehr lächerlicher Weise hervor; nun folgt ein wohlgezielter, oft fusshoher Sprung und die Fliege ist mit der vorgeschleuderten Zunge gefasst und in's Maul befördert. Verschiedene Male habe ich diese Beobachtung, welche Liebhabern von Laubfröschen nicht neu sein wird, an Fröschen gemacht, die Stunden zuvor besonnt waren und mit der Fliege in hohen, aussen berieselten Glascylindern in dem blendenden Lichte sassen: ich kann darum gar nicht mehr zweifeln, dass die Frösche mit vollständig entfärbtem Sehpurpur ganz vorzüglich sehen. Dass der Fang durch keinen andern Sinn als den des Gesichtes möglich wird, zeigte das Verhalten der vielen entaugten Frösche, denen ich Fliegen unter denselben Umständen vorsetzte: nicht ein einziger hat bis heute eine gefangen, sondern man fand dieselbe schliesslich immer zufällig erdrückt.

Seit ich wusste, dass Frösche ohne Sehpurpur sehen und

von dauerndem direktem Sonnenlichte keineswegs geblendet werden, habe ich herauszubringen versucht, Was sie sehen, namentlich ob sie Farben sehen. Da so viele Thiere Vorzugsfarben haben, oder einzelne Farben verabscheuen, war den Fröschen Aehnliches zuzutrauen. In Norddeutschland hatte ich als Knabe oft gehört, man könne Frösche mit einem rothen Lappen locken und angeln. Dies ist mir zwar nicht geglückt, vielleicht weil ich beim Angeln überhaupt wenig Erfolge und Vergnügen gefunden habe; ich glaube aber doch bemerkt zu haben, dass die rothe Farbe, vor andern die Frösche aufregt. Nähert man, indem man sich möglichst fern und ruhig verhält, dem Ranarium ein rothes, an die Angel befestigtes, flatterndes Tuch, so sieht man die Frösche mehr in Aufregung gerathen, als wenn man dazu schreiend blaues, gelbes oder grünes Zeug wählt. Am auffallendsten fand ich die Sache im Sonnenlichte und wiederum bei Fröschen, deren Retina bereits ausgeblichen war. Ein weisses Tuch stand indess dem rothen kaum nach. Derartige Versuche, für die man früher den nicht schlechten Namen Naturförsterei hatte, konnten indess ernsthaft nicht befriedigen.

Mit grosser Sicherheit lässt sich auf anderem Wege feststellen, dass die Frösche eine Vorzugsfarbe haben und damit beweisen, dass sie Farben mit gänzlich entfärbter Netzhaut zu sehen vermögen. Diese Farbe ist das Grün. Es war mir schon bei mittlerer Tageshelle aufgefallen, dass die Frösche in runden Gefässen, die mit zwei verschiedenen farbigen Gläsern bedeckt waren, meist unter einem ausschliesslich Platz nahmen, besonders unter dem grünen, wenn Blau concurrirte. Um schneller zum Ziele zu kommen habe ich die folgenden Versuche grösstentheils mit intensivstem Sonnenlichte angestellt, worin so rasch reagirt wurde, dass ich bald über grosse Versuchsreihen verfügte. Bei mittlerer Helligkeit unter weissen Wolken oder im Schatten unter klarem, blauem Himmel zu experimentiren, wurde übrigens nicht

unterlassen und ich bemerke darüber zum Voraus, dass die Ergebnisse die nämlichen waren, wie die folgenden.

Da es für meine Zwecke nicht auf grosse Reinheit des farbigen Lichtes ankam, wurde durch farbige Glasplatten beleuchtet. Dunkelgrünes, mit Chromoxyd gefärbtes Glas deckte im Spectrum direkten Sonnenlichtes vollkommen das Roth und Gelb; neben dem Grün war ein Theil des Blau, selbst etwas Violet erhalten. Doppelt genommen liess das Glas nur Grün und etwas Blaugrün, dreifach nur Grün durch und damit konnte man bequem in die Mittagssonne schauen. Das Verhalten des blauen Kobaltglases bedarf der Erwähnung kaum: man weiss, dass es das erste Roth bis C wenig schwächt. Ich habe die Platten meist in 3facher Lage angewendet, wobei das Roth schon etwas gemildert war. So gab es Absorption von C bis in's Blaugrün, unterbrochen durch einen schmalen hellen Streifen im Gelbgrün, während Blau und Violet noch recht intensiv waren. Unter einer grünen Platte besonnt, blichen Froschnetzhäute ungefähr in der gleichen Zeit aus, wie unter 3 blauen, nämlich im Lebenden in 15—20 Min., isolirt und feucht erhalten in 5—6 Minuten. Das Grün war dabei, wie ich es wollte, durch etwas schnellere Wirkung ein wenig im Vorzuge.

Schon die ersten flüchtigen Beobachtungen lehrten, dass Frösche unter Blau und Grün immer das letztere bevorzugen. Sind die anscheinenden Intensitätsunterschiede nicht geradezu colossal, nämlich so, dass die grüne Hälfte des Gefässes blendend, die blaue wie mit einem Brette bedeckt erscheint, so wird man selbst bei ganz sorglosem Verfahren die Frösche über kurz oder lang im Grün versammelt finden, sowohl im hellsten direkten Sonnenlichte, wie im Schatten oder im allerschlechtesten Tageslichte. Ganz ohne Ausnahme ist dies freilich nicht, aber ich hatte Grund, damit besonders zufrieden zu sein, weil ich mit derselben Sicherheit entgegengesetzte Resultate zu demonstriren

lernte. Es gibt unter Fröschen, wie unter Menschen Exemplare von abweichendem Geschmacke; die ungeheure Majorität liebt das Grün, aber ein kleiner Procentsatz zieht Blau vor. Meine Sammlung solcher verirrter Subjecte beträgt nach Prüfung vieler hundert Frösche mit Einschluss des Verlustes kaum 2 Dutzend, worunter zwei oder drei, die ich genau kenne, übrigens zuweilen besserer Regungen fähig scheinen. Ich wurde auf die Sache aufmerksam, als ich unter 10—12 Thieren die einzige Rana temporaria beharrlich Inconstanzen verursachen sah. In der Meinung, dieselbe werde aus persönlichen Gründen gemieden, denn an einen Specieshass konnte ich nach bereits erworbenen Erfahrungen bei Rana esculenta nicht glauben, versuchte ich es mit dem Thiere allein und da fand ich wieder die Neigung für Blau. Seitdem habe ich alle gleichempfindenden Nachfolger, die sich gelegentlich durch den Farbenversuch absondern liessen, gesammelt und bis auf die wenigen, schon genannten in ihrem Geschmacke beharrlich gefunden. Dieselben ziehen einzeln, oder in beliebiger Anzahl verwendet immer Blau dem Grün vor und wenn ich sie, durch Fäden am Fusse kenntlich gemacht, mit normalen Fröschen zusammensetze, so bin ich vollkommen sicher, nach einigen Minuten die Trennung durch Bedecken des Gewahrsams mit blauem und grünem Glase zu bewerkstelligen.

Nach meinen geringen Erfahrungen dürften Blau wählende Frösche unter Rana temporaria etwas häufiger, als unter esculenta sein; doch hat die Leibesfarbe mit der Leibfarbe nichts zu schaffen, denn ich fand die Abweichung so gut bei dunkelbraunen wie bei hellgelben und grünen Exemplaren, aber niemals bis heute unter der Sorte von Rana esc., welche in der Sonne hellblaugrün wird. Das Geschlecht scheint ebensowenig Einfluss zu haben.

Meinem Zwecke entsprechend begann ich die Versuche mit gründlich besonnten Fröschen, von denen ich sicher war, dass

sie im Dunkeln mehr, als eine Stunde brauchten um wieder leidlich purpurne Netzhäute zu bekommen. Ebenso sicher war ich, dass unter den farbigen Gläsern während der Versuche keine Regeneration erfolgte, da ich einige Augen bei den verschiedensten Bedeckungen und Intensitäten des Himmelslichtes direkt darauf prüfte. Hinsichtlich des Ausschlusses anderer Einflüsse, als der des farbigen Lichtes, schicke ich Folgendes voraus.

1. Wurde jeder Schattenrand in den Gefässen durch Einziehen eines gläsernen Zaunes in einiger Entfernung davon unerreichbar gemacht. — 2. Wurde zur Eliminirung der Lockfähigkeit des Schattens die Grenze der beiden farbigen Bedeckungen immer senkrecht zur vorgenannten Barrière gelegt, so dass die Schattenseite beiden Farben zu Gute kam. — 3. Wurden die Farben bei jedem Versuche von Ost nach West zweimal gewechselt. — 4. Verhinderte ein genügender Sprühregen Erhitzung der Gläser durch die Sonne. — 5. Wurde das Gefäss selbst in fliessendes Wasser gestellt oder das vorhin erwähnte Blechgefäss mit continuirlicher Erneuerung kalten Wassers benutzt. — 6. Liess ich die Frösche nicht ohne Anstrengung die gewählte Farbe erreichen oder bewahren, und endlich wurden 7. alle Versuche durch augenlose Frösche controlirt. Ich lege auf das Letztere den grössten Werth, da die damit erzielten Gegensätze bündig beweisen, dass keine anderen Sinnesorgane, als das Auge, besonders die Haut nicht, Anlass zum Benehmen der Frösche gegen grüne und blaue Beleuchtung geben. Die Haut der Frösche reagirt dem Aussehen nach bekanntlich so leicht und bemerkbar auf Licht und wol auf verschiedenfarbiges nicht gleichartig, dass entsprechende Empfindungen damit verbunden gedacht werden können, bei denen man nicht ohne Weiteres nur thermische Erregungen anzunehmen braucht, und schon aus diesem Grunde war die Benutzung blinder Frösche zur Controle geboten. Dass die Erwärmung durch die angewendeten Gläser Verschiedenheiten

erzeugen würde, liess sich bei der Gläserwahl voraussehen, allein ich fand, als ich zwei gleiche Porzellangefässe, mit demselben Volum Wasser gefüllt, unter je ein grünes und unter 3 blaue Gläser in die Sonne stellte, in dem Gange der Erwärmung nur Temperaturdifferenzen von $^1/_2$ bis kaum 1° C. zu Gunsten des Blau. Die Experimente selbst werden berichten in wie weit sie den genannten Controlen mehr oder minder zugänglich blieben.

Unter einem grünen und drei blauen Gläsern bedurfte es in der Sonne für unbehinderte, auf feuchtem Boden kriechende und hüpfende Frösche in der Sonne jedesmal kaum 5 Min., um die vorher durch Schütteln gleichmässig vertheilte Schaar auf die grüne Seite wandern zu sehen. Wurde der grün erleuchtete Platz immer mehr eingeschränkt, so drückten sich die Thiere fest zusammen oder kletterten aufeinander, um sämmtlich dem Blau entgehen zu können, und wenn ich mitten durch das Gefäss unter der Farbengrenze einen Glasstreif zog, so drängten sich die in's Blau gesetzten Frösche an diesen und wandten die Augen dem Jenseits zu. Kleinere Frösche vermochten sich zwischen Deckel und Glasstreif durchzuklemmen und als ich endlich ein Glasstück nahm, das am einen Ende schräg abgebrochen war, krochen sämmtliche Frösche durch die noch sehr unbequem zu begehende Lücke ins Grün hinüber. Augenlose Frösche unter die übrigen gesetzt wurden zu jeder Zeit unregelmässig vertheilt gefunden; was sich aber unter dem Blau vorfand, war ausnahmslos blind.

Das Verfahren wurde nun in der mannigfachsten Weise abgeändert, indem ich in der ersten Reihe, wie soeben, beide Farben von solcher Intensität nahm, dass hinsichtlich ihrer Wirkung auf Sehpurpur keine wesentliche Differenz bemerkbar war und indem ich ausserdem für Hindernisse im Festhalten des aufgesuchten Platzes, sowie für sichere Gleichheit der Temperatur, durch strömendes Wasser sorgte; dann nahm ich gegen 1 Grün

nur 2 Blau und weiter nur 1 Blau, wobei der Erfolg der nämliche blieb, obwohl mir das Blau beim Durchblicken durch die 2 Scheiben viel dunkler, durch eine Scheibe erheblich heller als das Grün vorkam. Mit einer hellgrünen Tafel anderen Glases, als des gewöhnlich verwendeten, und der einen blauen Scheibe, die mir den Eindruck ungefähr gleicher Helligkeit machten und durch welche ich z. B. dieselben Schriftproben aus gleicher Entfernung entzifferte, war der Erfolg immer noch der nämliche, und wenn ich endlich die Farbendecken bezüglich der Wirkung auf Sehpurpur noch mehr umkehrte und das Grün doppelt, das Blau einfach nahm, so wurde fortwährend von den Fröschen das Grün aufgesucht. Man kann also in keiner Weise sagen, es werde die dunkler scheinende Farbe aufgesucht, so wenig man umgekehrt eine unter farbigem Lichte sich erst entwickelnde Liebhaberei der Frösche für das Hellere aus den Ergebnissen folgern wird. Das einzig Denkbare, das eben übrig bleibt, um das Benehmen der Frösche zu verstehen, ist, dass sie die Farben verschieden und incommensurabel empfinden, wie wir es auch thun, und dass sie der Vorliebe für Grün, trotz aller Tendenz, das Dunkle aufzusuchen, wenn sie solches erreichen können, treu bleiben, auch wenn die Gegenfarbe, an jedem Maasse geschätzt, die dunklere ist. Dies hat indess, wie begreiflich, seine Grenzen, wenigstens unter den vorliegenden Bedingungen, wo mit farbigen Gläsern gearbeitet wurde, in deren Lichte grössere Intensitäten zugleich geringerem Grade der Sättigung entsprachen. Nahm ich 1 hellgrünes Glas, gegen 4—5 blaue, so gingen die Frösche unter das Dunkelblau so gut, wie unter ein Brett, das sie auch dem Grün vorziehen, wenn die Farbe nicht ausserordentlich dunkel ist. Es bedarf der Erwähnung kaum, dass umgekehrt alles Bevorzugen des dunkleren Grün gegen helles Blau in unserem Sinne geringeren Werth hat, weil zur Anziehung der Lieblingsfarbe die der geringeren Intensität hinzukommt. Für den ersteren Fall ist

übrigens hinzuzufügen, dass man häufig ein Zögern in der Entscheidung bemerkt, und dass die Frösche entschieden weniger consequent und dauernd im dunkelsten Blau hocken, wenn sehr helles Licht daneben grün ist. Man sieht dies sogar, obschon seltener, wo dunkles Blau durch ein Brett ersetzt wird.

Da die Erfahrungen über Auswahl zwischen Grün und Blau genügen, um zu erkennen, dass Frösche mit gebleichtem und in der Versuchszeit nicht herstellbarem Sehpurpur Farben sehen und unterscheiden, unterlasse ich zunächst weitere Mittheilungen über andere Farbenpaare oder über Entscheidungen zwischen 3 Farben. Was ich bis jetzt in letzterer Hinsicht beobachtete, lässt die Ausdehnung der Methode von grösserem Interesse für Wahrnehmungen bei Mitbetheiligung des Sehpurpurs erscheinen, als für die Feststellung des Farbensehens ohne Purpur.

Die bisherigen Ausführungen mögen das Experimentiren mit bleichungsäquivalentem Grün und Blau überflüssig erscheinen lassen, da es sich eben um keinen Purpur mehr handelte; ich habe dieses Mittel nur mit herangezogen, um der äussersten Bedenklichkeit gerecht zu werden, vornehmlich jedoch, weil es unentbehrlich schien zu Parallelversuchen an Dunkelfröschen. Diese ergaben bei weitem weniger constante und schlagende Ergebnisse, was mich anfänglich mehr als nöthig überraschte, denn wenn man erwägt, dass bei erhaltenem Sehpurpur ein neuer Factor den Sehact complicirt, so wird man andere Reactionen der Frösche schon voraussetzen müssen. Ich habe von Dunkelfröschen den Eindruck empfangen, als ob sie durch Licht aller Intensitäten überrascht und rathlos würden, der Art, dass sie anfänglich selbst die Wahl zwischen dunklem Schutz und hellem Sonnenscheine nicht recht zu treffen wissen. Unter bleichungsäquivalentem Grün und Blau war meist nach 5 Minuten nur die Mehrheit unter dem Grün zu finden und es dauerte die doppelte Zeit, bis sich der Rest dahin begab. Hindernisse durch stärkere Bewegung

des Wassers, namentlich zum Festhalten der gewählten Stelle, verzögerten die Entscheidung noch mehr und vollends geschah dies durch Vergrösserung der Intensität im Grün oder durch Minderung im Blau. Das Benehmen sah ganz so aus, wie wenn die Differenz der Bleichungszeit unter den beiden Farben die Empfindung für Intensitätsdifferenzen schärfte, so dass nun nicht mehr innerhalb so weiter Grenzen der objectiven Helligkeit das Grün bevorzugt wurde. Nach 15—20 Min. verhielten sich die Dunkelfrösche unter farbigen Gläsern im direkten Sonnenlichte natürlich ebenso wie die Hellfrösche, denn jetzt waren auch sie des Purpurs beraubt. Um sicher zu sein, dass das Grün bei erhaltenem Sehpurpur ebenfalls vorgezogen wird, stellt man daher diese Versuche besser mit diffusem, nicht zu hellem Tageslichte an. Ich habe so bei Bleichungsäquivalenz sowohl, wie bei überwiegender Intensität des Grün die Entscheidung für dieses treffen sehen von einer so grossen Anzahl von Fröschen, und in den Einzelfällen von sämmtlichen in Gebrauch genommenen, dass ich auch für die Purpur besitzenden und bewahrenden Thiere starke Bevorzugung des Grün vor dem Blau behaupten muss. Ueberlegt man, in wie auffälliger Weise ohne den Purpur beinahe rein nach der Wellenlänge des erregenden Lichtes gehandelt wird, wie dies ferner im Besitze des Sehpurpurs wieder geschieht, wenn derselbe sehr langsam afficirt wird, während das Benehmen gerade da gegen die Farbe unsicher wird, wo ausser der Farbenempfindung noch die Differenzen der Ausbleichung zur Wahrnehmung kommen, so kann man kaum zweifeln, dass die Farben purpurlose Theile des Sehapparates afficiren, denen ein andrer zu Hülfe kommt, so lange er Sehpurpur enthält und damit reagirt. So viel ich sehe, ist dies in Uebereinstimmung mit der Auffassung, welche der Zapfenerregung die Vermittlung s ä m m t l i c h e r Empfindungsqualitäten, der Erregung der Stäbchen durch irgendwelche objective Reize, nur die des Hell und Dunkel zuschreibt.

Wenn es richtig ist, dass es Thiere ohne Zapfen giebt, oder, worauf es mehr ankommt, dass es Netzhäute gibt, die nur Sehpurpur führende Lichtempfänger besitzen, so darf man hoffen, die Frage zur Entscheidung zu bringen, ob gebleichte Stäbchen noch durch Licht erregt werden können.

Untersuchungen über den Sehpurpur.

Von **A. Ewald** und **W. Kühne.**

Unter den Beobachtern der Stäbchenfärbung herrscht hinsichtlich der ihr zuzuschreibenden Nuance nahezu vollkommene Uebereinstimmung. Nur der erste Entdecker, *Heinrich Müller*, scheint die Eigenthümlichkeit der Farbe verkannt zu haben, da er die Verschiedenheit von der des Hämoglobins nicht bemerkte und an die Möglichkeit einer Imbibition der Stäbchen mit Blutroth dachte. Später nannten *Leydig* und *M. Schultze* die Färbung bei allen Gelegenheiten rosa oder rosenfarben, wie man bekanntlich wenig gesättigtes Roth nennt, das Blau oder Violet enthält. Bestimmter wurde dieselbe von *Boll* für purpurfarben erklärt und angedeutet, dass das Roth auch nach spectroskopischen Beobachtungen von *Blaserna* kein einfaches sei. Ebenso haben sich später viele andere unbefangene Beobachter der Bezeichnung Purpur bedient, so dass eine Uebereinstimmung erreicht wurde, welche auf eine gewisse Deutlichkeit der fraglichen Nuance schliessen lässt. Wer jetzt überhaupt Erfahrungen über das Aussehen dunkel gehaltener Netzhäute hat und wer besonders die der Säuger, den Menschen eingeschlossen, die mancher Fische, der Eule und vieler Raubvögel kennt, wird über die Benennung Purpur höchstens insofern in Zweifel gerathen, als er vielleicht oft die Bezeichnung Violet vorziehen wird.

Die Farbe der Retinastäbchen genau zu bestimmen, ist in vielen Beziehungen von grosser Wichtigkeit: man muss wissen, wie sie ist, um sich über ihre Veränderungen durch Zersetzung, namentlich die photochemische, nicht zu täuschen, man muss die Nuance kennen, um zu verstehen, wie sich dieselbe durch Concentration und Verdünnung ändert, man muss die Absorption verschiedenwelligen Lichtes feststellen, um deren Beziehungen zur Zersetzung des Purpurs im einfarbigen Lichte zu verfolgen, und man muss Mittel zur Analyse der Farbe haben, um zu erfahren, ob der Farbstoff optische Differenzen bei den verschiedenen Thieren bedingt.

Wir haben zur Farbenanalyse des Sehpurpurs mehrere Methoden benutzt, die in dem Folgenden beschrieben werden sollen, und in einer ersten Beobachtungsreihe auf die Retina, in einer zweiten auf den Sehpurpur in Lösung angewendet. Hieran schlossen sich unmittelbar neue Untersuchungen über die Ausbleichung der gefärbten Netzhaut in verschiedenen farbigen Belichtungen, denen wir eben solche über die photochemische Zersetzung der Sehpurpurlösung folgen liessen. Weitere Untersuchungen waren den Veränderungen des Sehpurpurs im Leben, seiner Entstehung und schliesslich dem allgemeinen chemischen Verhalten des Farbstoffs gewidmet. Wir werden in der genannten Reihefolge über unsere, von der Gunst des Sonnenlichtes nur zu abhängig gewesenen, erst nach längerer Zeit erworbenen und befestigten Erfahrungen berichten.

I. Analyse der Retinafarbe.

Da die zum Sehen nöthige Wirkung des Lichtes in den hinteren Schichten der Netzhaut geschieht, müssen deren Gewebe ungefähr so durchsichtig sein, wie die brechenden Medien des Auges es im Allgemeinen sind, und wenn wir die Stäbchen soweit für Lichtempfänger nehmen, als sie Sehpurpur enthalten, also bis an die äussersten Kuppen ihres Aussengliedes, so muss der

Purpur eine durchsichtige Farbe sein, welche ein wiederum durchsichtiges Medium tränkt. Diese mit der Farbe anzunehmende Durchsichtigkeit kann noch weitere Bedeutung haben, indem sie Wirkungen des Lichtes auf das Epithel ermöglicht, dessen Betheiligung an der Gesichtserregung wir jetzt nach Erfahrungen anderer Art zu ahnen beginnen. Ob die Farbe frischer Netzhäute die vermuthete Lackfarbe sei, und in welchem Grade sie es sei, haben wir zuerst festzustellen versucht.

Man setze auf eine mattschwarze Unterlage einen Tropfen gewöhnlichen, deckfarbenen Blutes neben einen Tropfen desselben Blutes, das man in irgend einer Weise, ohne es zu verdünnen oder zu zersetzen, lackfarben gemacht hat: man wird den ersteren roth, den zweiten in jeder Beleuchtung schwarz finden. Breitet man den deckfarbenen Tropfen flach aus, so schwindet das Roth nur an den allerdünnsten Stellen. Aehnlich wie das lackfarbe Blut verhält sich die Retina auf der schwärzesten Unterlage, die wir ihr geben können, nämlich beim Frosche, in der natürlichen Lage, auf der bei diesem Thiere im Gegensatze zur grossen Mehrzahl anderer für intensivstes Sonnenlicht ganz undurchsichtigen Chorioïdea; wir sagen ähnlich, denn eine geringe Spur von Roth oder Violet zieht sich, wie ein zarter Schleier über den feucht spiegelnden Grund des eröffneten Froschauges, dessen Schwarz einen Stich in's Bräunliche erhält. Ist die Retina herausgenommen, so sieht man das reinste Schwarz, das überhaupt Pigmente bieten können; ist sie aber im Leben ihres Purpurs durch längere Belichtung beraubt, so erscheint der Augengrund grauschwarz. Da die Stäbchen nicht direkt auf der Uvea, sondern auf den farblosen Aussenstücken der Pigmentepithelien ruhen, kann auch von diesen reflectirtes Licht die geringe Sichtbarkeit des Sehpurpurs in situ bedingen. Indess wird dies kaum von Belang sein, weil man es niemals an der Schwärze des zurückbleibenden Grundes zu er-

kennen vermag, ob die Retina mit oder ohne das Epithel herausgezogen wurde, und andrerseits scheint genügend Licht aus der Stäbchensubstanz reflectirt zu werden, weil man den farbigen Schimmer der Retina noch wahrnimmt, wenn man sie mit der Stäbchenseite gegen mattschwarzes Papier oder Metall aufträgt. An Falten kommt dann natürlich am meisten Farbe zum Vorschein, aber auch die vollkommen glatt ausgebreiteten Theile zeigen etwas davon. Bemerkbar deutlicher wird dies, wenn man die Netzhaut mit der Vorderfläche auf Schwarz legt, woraus folgt, dass auch die Gewebe der vorderen Schichten etwas Licht zurückwerfen. Dies Alles gilt für ganz frische Retinae, nicht für getrübte, nach einigen Stunden des Absterbens weisslich-purpurn gewordene. Legt man so veränderte Präparate mit der farbigen Seite auf Schwarz, so sehen sie fast bläulichweiss aus, ebenso wie im Froschauge abgestorbene und dort in situ gelassene, während sie umgedreht, trotz der schwarzen Unterlage den Purpur mit grosser Deutlichkeit zeigen.

Die Eigenfarbe der Retina stellt also keine so vollkommene Lackfarbe dar, wie man erwarten könnte, und man würde sie daher ophthalmoskopisch und am lebenden Menschen möglicher Weise unterscheiden können, selbst wenn hinter dem Epithel kein Licht reflectirt würde. Wäre die lebende Retina so durchsichtig und würfe sie nur so wenig Licht aus ihrem Innern zurück, wie lackfarbenes Blut, so würde sie bei jeder Beleuchtung in situ so schwarz aussehen, wie ein Tropfen solchen Blutes in der Uvea des Frosches ausgebreitet aussieht, falls nämlich der Hintergrund beim Menschen und den meisten Geschöpfen so dunkel wäre, wie beim Frosche. Wir haben lackfarbenes Blut durch Schütteln mit Luft so hellroth gemacht, wie wir konnten und es im halbirten, von der Retina befreiten Froschauge weder von Wasser noch von schwarzer Tinte unterscheiden können.

Zur Feststellung der normalen Retinafarbe mit unbewaffnetem Auge und unter Verzicht auf optische Methoden sind ein mittlerer Farbensinn des Beobachters und Ausschliessung des Lichtes bis zum Augenblicke der Betrachtung die ersten, aber genügenden Erfordernisse. Die Netzhaut darf jedoch nur sehr kurz und bei möglichst gedämpftem Tageslichte besehen werden. Will man das Mikroskop gebrauchen, so muss das Object vor überflüssigem durchfallendem Lichte möglichst, vor auffallendem gänzlich geschützt werden. Mikroskope, welche bemerkbar in Blau oder in Gelb übercorrigirt sind, dürfen nicht verwendet werden. Die Herrichtung der Retina geschieht vor der Natronflamme möglichst schnell und bei gerade ausreichender Belichtung, weil auch dieses Licht die Farbennuance schwach vermindert; wenn das Präparat mikroskopisch betrachtet werden soll, muss es aus der Natronkammer bedeckt an das bereits eingestellte Instrument getragen und erst an Ort und Stelle entblösst werden.

Fixirt man die zuvor im Dunkeln auf einer mattweissen Unterlage ausgebreitete Froschretina am Lichte etwa 20 Sec., so sieht man beim Nebenblicken auf die weisse Fläche ein rein grünes Nachbild. Je öfter der Versuch an demselben Objecte wiederholt wird, desto weniger rein wird die Farbe des Nachbildes, indem sie in Blaugrün umschlägt. Fixirt man die beiden Hälften einer zerschnittenen Retina, deren eine nur etwa 30 Sec. belichtet war, während die andere unter einem Deckel geschützt blieb, auf Weiss, so erhält man darauf zwei Nachbilder neben einander, von denen das dem belichteten Stücke entsprechende sehr deutlich blaugrün, gegen das andere rein grüne absticht. Das Complementär der Dunkelretina ist also reines Grün, das der nur kurz und mässig belichteten bläuliches Grün.

Unter den Pigmenten repräsentirt arsenigsaures Kupfer das reinste Grün. Wir legten ein damit gefärbtes Papierstückchen, das mit einem carminfarbenen, am gleichen Orte unseres Auges gedeckt, neutrales farbloses Grau, mit Zinnober gelbliches Grau

gab, neben die Retina und vereinigten die Bilder nach den bekannten Methoden von *Helmholtz*. Der Erfolg der Mischung war farbloses Grau, aber je länger man hinsah oder je öfter man die Betrachtung wiederholte, um so mehr schlug das Grau in's Gelbliche. Auch dieser Versuch erwies sich schlagend mit der getheilten und ungleich belichteten Retina. Am vollkommensten gelang er nach der Methode, welche die katoptrisch und dioptrisch mittelst einer Glasplatte gesehenen Bilder zur Deckung bringt, weil man die Intensität der Farben durch Aenderung der Neigung des Glases in weiten Grenzen zu wechseln vermag; indess kamen wir auch mit einem vor das Auge gehaltenen doppelbrechenden Kalkspathkrystalle zum Ziele.

Welche Spectralfarbe die complementäre der Netzhautfärbung sei, sahen wir, als wir mittelst derselben Methoden das Bild eines genau zwischen den Linien *E* und *b* genommenen Ausschnittes des Sonnenspectrums auf einer weissen Papierfläche mit dem der Retina vereinigten. Die letztere wurde zu dem Zwecke sehr nahe dem scharf begrenzten grünen Bilde auf derselben Papierunterlage mit mehrfach reflectirtem Sonnenlichte, dem wir die scheinbare Helligkeit der Nebenfarbe gaben, weiss beleuchtet. Der Erfolg der Mischung war hier ebenfalls farbloses Grau, nach längerer Lichtwirkung Gelbgrau.

Wenn reines Grün das Complementär der Netzhautfarbe ist, so müssen farblose oder graue Objecte neben oder in der Retina in rein grüner Contrastfarbe erscheinen. Dies ist bei sorgfältiger Beachtung aller erwähnten Cautelen auch im mikroskopischen Bilde der Fall für die weniger durchsichtigen, grauen Stäbchen, die ausser den von *Boll* beschriebenen grünen vorkommen. Man kann dieselben darum im Anfange der Untersuchung an der Farbe nicht von den letzteren unterscheiden, sondern nur an der geringeren Intensität der Färbung, sowie im Allgemeinen an der geringeren Durchsichtigkeit. Es bedarf aber keiner vollen Minute, um sie im Gange der Belichtung, wenn die Retina eben

statt purpurn, roth aussieht, bläulich gegen die grünen abstechen zu sehen, (vergl. Heft 1, S. 23 u. S. 70).

Bei der mittleren, normalen Concentration des Sehpurpurs in den Stäbchen genügt sehr geringe photochemische Wirkung, um das Violet darin für unser Auge auszulöschen und in unserer Empfindung nur Roth übrig zu lassen. Anders ist es, wenn man die Netzhautfarbe mit weissem Lichte mischt. Wir besahen Froschretinae, die am Lichte soweit verändert waren, dass sie nicht nur zu Blaugrün complementär geworden waren und Nachbilder dieser Farbe erzeugten, sondern auch beim blossen Ansehen stark gelblichroth erschienen nach einer der vorgenannten *Helmholtz*'schen Methoden, indem wir sie mit weissem Lichte in unserem Auge deckten, und da sahen wir daran diejenige Nuance, welche alles Purpurfarbene bei geringer Sättigung annimmt, nämlich Rosa immer kenntlich werden und dieses überhaupt nicht eher verschwinden, als bis die Retina von der Sonne schon ganz hellgelb gebleicht war. Selbst wo die letztere Ausbleichungsstufe fast erreicht schien, schlug sie mit Weiss gemischt immer noch in das eigenthümliche helle Chamois um. Das Weiss, das wir zumischten, war freilich nicht vollkommen rein, es war nur das von möglichst rein weissem Papier reflectirte, zerstreute Tageslicht des weiss bewölkten Himmels. Da man aus *Brücke*'s jederzeit zu bestätigenden Versuchen (Vorles. ü. Physiol. II. S. 136) erfährt, dass solches Weiss eine rothe Nuance, sicher keine blaue oder violette hat und dass es Blau in Purpur, Gelb in Orange nuancirt, so zeigt das Verhalten der scheinbar rein rothen, orangefarbenen und selbst gelblichen Retina nach dieser Mischung, *a fortiori*, dass das von den lichtveränderten Stäbchen noch ausgehende Licht, fast unter allen Umständen, neben dem ohne Hülfsmittel wahrzunehmenden rothen und gelben, vorwiegend stärker brechbares, besonders violettes enthält.

Die Netzhautfarbe im Dunkeln gehaltener Frösche zeigt individuelle Differenzen, welche von mehreren Ursachen herrühren. Ist die Zahl der von *Boll* entdeckten grünen Stäbchen gross, oder nach einem Verfahren, das später besprochen wird, vergrössert, so ist eine gewisse grünliche Schillerfarbe unverkennbar, der Art, dass wir nach dem Anblicke mit unbewaffnetem Auge ihre Gegenwart, welche die mikroskopische Untersuchung darthut, voraussagen können. Bei mässiger Menge der grünen Stäbchen scheint das Roth brennender, weniger violet, und bei vielen grünen Stäbchen und schwächerer Tränkung der andern mit Purpur, schlägt die Gesammtfarbe etwas in's Schiefergraue. Sind viele graue Stäbchen vorhanden, bei gewöhnlicher mittlerer Menge der grünen, so ist die Retina mehr rosenroth: die Purpurfarbe, welche man also an der Gesammtfläche der vereinigten verschiedenfarbigen Stäbchen sieht, schwankt schon, ohne dass sich in der Beschaffenheit der purpurnen Mosaikstücke etwas ändert. Ausserdem kann jedoch bei Dunkelfröschen die Purpurfarbe selbst in den Stäbchen in wechselnder Menge enthalten sein und dies bedingt dreierlei verschiedene Färbungen: bei viel Purpur, Zugehen nach dem Violet, in's Dunkelpurpurfarbene mit starkem Zurücktreten des Roth; bei mittlerer Concentration, stärkeres Hervortreten des Roth; bei abnehmender Menge des Farbstoffs, Uebergang in Rosa, endlich in blasses Lila. Die letzteren Farben lassen sich aus der Froschretina immer leicht durch allmähliches Zerquetschen zwischen zwei gut aufeinander geschliffenen Glasplatten herstellen, zwischen denen die weiche Membran gleichmässig dünner zu drücken ist, und wenn man den Versuch mit einer recht dunkel purpurfarbenen Netzhaut beginnt, so sieht man anfänglich das Roth mehr hervortreten, später Rosa, endlich Lila sich einstellen. Mit der Netzhaut der Eule oder des Aals erzielt man das erste Stadium besonders gut. Selbstverständlich sieht die dünn ausgebreitete, lilafarbene Masse wieder schön purpurfarben oder intensiv roth aus, wenn man sie wieder zu einem kleinen Häufchen zusammenschabt, was wir

aus besonderem Anlass leider nicht unerwähnt lassen dürfen. Wenn die Retina im Absterben trüb wird und aus ihrem Innern mit Einschluss der Stäbchensubstanz mehr weisses Licht reflectirt, so ändert sich die Farbe, wie durch Verdünnung, d. h. der violettere Purpur schlägt erst mehr in's Roth, bei weiterer Trübung sehr entschieden in's Rosa um. Dies ist der Grund, weshalb bei den Warmblütern, wo die Trübung rascher auftritt, die Gegensätze von reinerem Roth und überraschend entschiedenem Violet viel häufiger zur Anschauung kommen.

Entsprechend den Veränderungen durch Zumischung weissen Lichtes ist auch das mikroskopische Ansehen der Stäbchen des Frosches, nämlich in dünner Schicht, wo man die Farbe an auf der Seite liegenden gerade erkennt, lila, in stärkerer rosa, in noch stärkerer mehr roth, wie die meisten, durch die Längsaxe gesehen, erscheinen, endlich in den dicksten Lagen einer Falte z. B. prächtig purpurn.

Die ganze Reihe der aufgeführten Nuancen ist selbstverständlich nur für kurze Zeit bei gedämpftem Tageslichte zu sehen, denn Belichtung zersetzt den Purpur und wirkt gänzlich anders, wie Verdünnung, weil der Sehpurpur nicht mit einem Schlage in Sehweiss, sondern zuvor in Sehgelb, das erst zu Weiss wird, übergeht. Daher besteht jede Anfangsänderung durch das Licht im Auswischen der Purpurfarbe, im Umschlagen in's brandige oder reinere Roth. Diese letztere Farbe kommt übrigens zuweilen auch an Dunkelfröschen unabhängig von aller Belichtung vor, aus Gründen, die wir später erörtern werden. Andererseits wissen wir Mittel, um das entgegengesetzte Extrem dieser Farbe, nämlich helles Lila, das wir bei eigentlichen Dunkelfröschen niemals sahen, beliebig herzustellen: man braucht nur lebende Frösche $^1/_2$ Stunde in der Sonne bis zum vollständigen Ausbleichen ihrer Netzhaut zu halten und so lange in's Dunkle zurückzubringen, bis die ersten Spuren der Regeneration bemerkbar sind; dann hat sich statt Sehweiss wieder Purpur, aber erst sehr wenig, ge-

bildet, und die Netzhaut ist blass-lila. 20—30 Min. sind dafür in der Regel die richtige Zeit, etwas später ist die Farbe schon hell-rosa. Da neben blassen lila und rosa, sowohl grüne, wie graue Stäbchen so gut, wie in der tiefer gefärbten Netzhaut, existiren können, so wird die grosse Mannigfaltigkeit der Farbe, welche die Stäbchenfläche im Ganzen darbieten kann, verständlich, und wenn man die veränderlichen Grade der Durchsichtigkeit im Absterben, sowie die Verschiedenheiten des Haftens von Epithelpigment zwischen den Stäbchen, welches vorzugsweise an die Zeit der Regeneration geknüpft ist, hinzunimmt, so begreift man, welche ungeheure Zahl von Nuancen an der Farbe zu beobachten ist, ohne dass sich das Licht an deren Entstehung direkt betheiligte. Unter Mitwirkung des Lichtes, das im Sehgelb noch etwas Neues erzeugt, nimmt die Mannigfaltigkeit selbstverständlich zu.

Das Angeführte gilt, wie kaum zu bemerken nöthig, vorwiegend für die Netzhaut des Frosches und der Kröte, welche durch den Besitz grüner Stäbchen zwischen purpurnen ausgezeichnet sind. Bei Salamandra maculosa fanden wir dieselben nicht.

Es würde zu weit führen noch aller Nuancen zu gedenken, welche chemische Agentien an der Dunkelretina veranlassen, indem sie totale oder partielle Zersetzung bis zum Sehgelb hervorbringen. Wir werden im chemischen Abschnitte darüber Einiges berichten und bemerken hier nur, dass Mittel, welche die Netzhaut durchsichtig machen, wie NH^3 z. B. ähnlich wirken, wie Verdünnung des Purpurs oder der farbigen Schicht, also bei sehr tiefer Färbung Uebergang zum Roth, bei schon vorhandenem reinerem Roth Uebergang zu Rosa, bei diesem hingegen Hervortreten des Lila bewirken. Coagulirende und trübende Mittel, namentlich Alaun, machen unbelichtete Netzhäute immer sehr deutlich rosenfarben.

Spectralanalyse. — Am Sehpurpur in der Netzhaut haben wir die Analyse vorzugsweise mit Hülfe des objectiven Spectrums durchzuführen versucht, da die gewöhnliche Methode den Absorbenten vor den Spalt zu bringen, nicht zu genügend reinen Bildern führte (vergl. Heft I, S. 50). Die Art, wie Herr *Blaserna* verfuhr, nämlich die Retina mit einem Taschenspectroskope zu besehen, was bei Vervollkommnung des Verfahrens doch immer auf spectroskopische Untersuchung des von der Retina reflectirten Lichtes hinauslaufen würde, halten wir zwar im Beginne solcher Untersuchungen für ganz selbstverständlich und natürlich, aber nicht zur Fortsetzung einladend, weil man damit bekanntlich auch an andern Farben schlecht zum Ziele kommt und höchstens in der Noth dazu greift, vor Allem aber, weil diese Methode starke und sehr wirksame Belichtung erheischt, was hier gleichbedeutend mit Veränderung der zu untersuchenden Substanz war.

Wir breiteten die Froschnetzhäute auf einer horizontal gestellten Glasplatte aus, auf welche wir das Sonnenspectrum nach Reflexion von einem vorn platinirten Spiegel fallen liessen, und legten entweder Milchglas, weisses Papier u. dergl. unmittelbar oder in einiger Entfernung darunter. In andern Fällen wurde die Glasplatte von unten direkt, oder mit Hülfe eines unteren Spiegels betrachtet, Einrichtungen, welche im Wesentlichen der Bequemlichkeit dienten, da uns nur daran lag, die Netzhäute möglichst frisch, mit der natürlichen Befeuchtung, ruhig ausbreiten zu können, was auf den gewöhnlich verticalen Projectionsflächen umständlich war.

Nach einer grossen Zahl solcher Besichtigungen haben wir vornehmlich die früheren Angaben (vergl. I. Heft S. 54) zu wiederholen, nämlich die Absorption vom Gelb bis zum Violet zu constatiren. Keine normale Dunkelretina war so gefärbt, dass sie nicht Violet des Sonnenspectrums merklich durchliess oder reflectirte. Im letzteren Falle haben wir uns durch Vorhalten

eines vor dem Auge gedrehten *Nicol*'schen Prismas überzeugt, dass es nicht von der feuchten Oberfläche reflectirtes violettes Licht war, das man wahrnahm. Es ist ausserdem immer leicht, sich vor dieser Fehlerquelle zu schützen, wenn man das Präparat unter dem Winkel betrachtet, der im unmittelbar benachbarten Blau, im Grün u. s. w. keine entsprechend farbigen Reflexe auf der glänzend schwarzen Netzhautfläche aufkommen lässt. Mit Ausnahme der schon erwähnten, sehr vereinzelt vorkommenden brandrothen, beinahe rein roth erscheinenden Retinae, die bei Fröschen abnormer Weise vorkommen können, haben wir das Violet immer etwa so schwach absorbirt gefunden, wie die Gegend am Gelb, wo die erste und schwächste Beschattung wahrgenommen wird. Es genügt aber die Retina einen Augenblick gut zu belichten, oder sie länger im Spectrum liegen zu lassen, um die Absorption für Violet bedeutend zunehmen zu sehen. Zu dieser Zeit erscheint die Retina reinroth, d. h. sie lässt nur Roth und Gelb bis zum Anfang des Grün durch: es hat sich, so erkennbar, Sehgelb gebildet uud dem Purpur zugemischt.

An den gewöhnlichen, normalfarbigen Netzhäuten ist die Bestimmung der grössten Absorption aus vielen Gründen misslich, einmal wegen der schnelleren Bildung von Sehgelb in den mittleren Theilen des Spectrums, auf die es ankommt, andererseits wegen der sowohl unserem Auge verschieden erscheinenden, wie objectiv verschiedenen Intensität der Einzelfarben. Gegen das Letztere haben wir uns durch den Gebrauch eines scharfen (reflectirten) Gitterspectrums, das bekanntlich das rothe Ende am meisten gedehnt zeigt, zu schützen gesucht, und glauben daher mit annähernder Sicherheit sagen zu dürfen, dass die stärkste Absorption in's Gelbgrün oder in den Anfang des Grün falle; darauf folgen in abnehmender Reihe reines Grün, Blaugrün, Blau, Gelb und Violet. Zwischen den letzteren beiden fällt natürlich die Vergleichung am schwersten. Wer die Versuche wiederholt, wird die beste Bestätigung der eben genannten Reihenfolge in

dem Verhalten sehr blasser, aber unbelichteter (vergl. oben), auch gequetschter Netzhäute finden, denn diese absorbiren Nichts, als das gelbliche Grün, aber mit zunehmender Tiefe der Eigenfarbe Grün, Blaugrün, Blau, endlich Gelb und etwas Violet. Wir rathen hierzu sowohl die im Dunkeln regenerirten Netzhäute der verschiedenen Stadien von gründlich besonnten Fröschen, wie aufeinander gelegte recht dunkle Retinae zum Zerdrücken zu nehmen, welche letzteren das zweifelloseste Resultat geben. Abwaschen in dünner Salzlösung ist bei diesem Verfahren, um Blutspuren in den Gefässen der Hyaloïdea zu vermeiden, in vielen Fällen nothwendig.

Zur weiteren Feststellung der Absorption haben wir noch ein Mittel verwendet, das vielleicht in der Technik der Prüfung von Pigmenten allgemeineren Eingang findet. Es bestand in der Beleuchtung durch spectrale Mischfarben mit Einschluss des auf verschiedene Weise zu bildenden Weiss.

Nach *Helmholtz*'s Entdeckungen erzeugt man Weiss bekanntlich aus 4 Paaren spectraler Farben, und es war zu erwarten, dass man darin die Eigenfarbe der Netzhaut mit grösster Deutlichkeit werde hervortreten sehen, wenn eine der im Sehpurpur enthaltenen in der Belichtung vorkam. In der Ausführung haben wir uns mit grossem Vortheile des von *Helmholtz* construirten verschiebbaren Doppelspaltes (Physiol. Optik. S. 304, Taf. IV, Fig. 2), sowie seiner Anweisungen zur Erzielung eines scharfen Bildes der vereinigten Farben bedient, indem wir das Prisma in grösserer Entfernung vom Spalte im Fensterladen aufstellten, die Linse dahinter setzten, und einen weiten Spalt, der als Object, oder als scharfer Rahmen für das farbige Bild zu dienen hatte, zwischen diese und den Doppelspalt einschoben (l. c. S. 303 Fig. 125). Wir sind nur in dem Punkte zuweilen von der *Helmholtz*'schen Einrichtung abgewichen, dass wir hinter die Oeffnungen des Doppelspaltes nicht e i n e Linse zum Entwerfen des Bildes, sondern deren z w e i verwendeten, was bei Licht von sehr verschiedener

Brechbarkeit den Vortheil hatte, von beiden an demselben Platze Bilder gleicher Schärfe zu liefern, wenn man die Linsen entsprechend verrückte.

Wo das Spectrum klein genommen wurde, oder wo in einem grösseren die Farben so nahe bei einander lagen, dass die Spaltlücken eng zusammenstanden, war es dann nöthig, die beiden Linsen ebenso nahe zusammenzubringen. Durchschnittene Stereoskoplinsen leisteten dazu gute Dienste. Für ausgedehntere Spectra oder weit darin abliegende Theile bedienten wir uns des genannten Doppelspaltes, der dafür zu klein wurde, nicht, sondern benutzten einen hölzernen, auf einem Stabe verstellbaren Rahmen, über welchen soweit Streifen undurchsichtiger, hinten geschwärzter Pappe mit Reisnägeln befestigt wurden, als wir den Durchgang farbigen Lichts verhindern wollten. Es ist zwar ziemlich mühsam diesen Streifen die richtige Breite zu geben und sie genau zu befestigen, aber wir gewannen so eine einfache und wenig kostbare Vorrichtung, die uns das Verfahren soweit auszudehnen gestattete, wie wir wollten. Um die einfarbigen Bilder auf einen zum Arbeiten bequemen Platz zu lenken, reflectirten wir dieselben meist mit zwei für sich verstellbaren, rechtwinkligen Glasprismen nach abwärts, auf eine horizontale, weisse Platte, und wo dies geschah, reichte zugleich eine einzige Linse auch für Strahlen der verschiedensten Brechbarkeit aus, indem man nur ein Prisma so vor oder zurück zu schieben brauchte, dass die Projectionsplatte in die betreffende Focalebene fiel. Die Reflexion durch zwei getrennte Prismen geschehen zu lassen, bewog uns übrigens noch ein anderer Grund. Wenn es sich nämlich nur darum handelt, die beiden farbigen Bilder zur vollkommenen Deckung zu bringen, ist das Verfahren des Ueberschiebens, wie in Fig. 1, ausreichend. Wir wollten jedoch mit der Farbenanalyse die unten zu beschreibenden Ausbleichungsversuche am Sehpurpur verbinden und brauchten dazu partielle Deckung der Bilder, so dass die Mischfarbe jederzeit von einem hinreichend breiten

Streifen ihrer Componenten begrenzt wurde. Da jedes Bild, das in letzter Instanz von dem verticalen linearen Objecte des Spaltes ausging, eine ebensolche mittlere, vertical ausgedehnte Partie grösster Intensität hatte, so fielen diese bei partieller Deckung nicht zusammen, sondern so, dass das intensivste Licht der einen Farbe das schwächste der andern deckte. Deshalb wählten wir

Fig. 1.

Fig. 2.

die durch die Prismen leicht herzustellende Deckung, wie in Fig. 2, worin jedes der 3 Felder (a. b. c.) in der Mittellinie annähernd die grösste zu beiden Seiten für beide Farben gleichmässig abnehmende Intensität hatte.

In sehr vollkommener Weise gelang es zunächst das Weiss aus seinen Complementären zusammenzusetzen. Die Arbeit ist zwar immer mühsam, wenn man es dahin bringen will, dass das Partialweiss von dem zum Vergleiche in die Nähe gelenkten, gehörig gedämpften Tageslichte nicht mehr zu unterscheiden ist, und es gehört bekanntlich sehr gute Wahl der Entfernung des Beobachters, abgesehen von dem Ausschlusse der Ermüdung, dazu; der Erfolg ist aber dafür um so lohnender. Soweit wir im Stande sind über unsere Eindrücke zu berichten, müssen wir behaupten, dass uns jedes so erzeugte Weiss immer beträchtlich heller, wir möchten sagen, ganz über alles Maass heller, als die Vereinigung der beiden Intensitäten es erwarten liess, erschienen ist, als die Bilder der Componenten. Wir hoffen unsere späteren Ausfüh-

rungen zum Belege genommen zu sehen, dass uns die Wahrnehmung nicht getäuscht hat.

1. In Weiss aus Roth und Blaugrün fanden wir die Froschnetzhaut sehr rein und tief roth. Sie zeigte die gleiche Farbe wie das benachbarte reine Roth, in welchem betrachtet die Retina kaum vom Grunde zu unterscheiden war; von Purpur war selbstverständlich absolut nichts zu bemerken. Dieselbe Retina in's blaugrüne Bild gelegt, erschien schwarz. Zinnober erschien in solchem Weiss dunkelroth und Carmin war davon nicht zu unterscheiden.

2. In Weiss aus Gelbgrün und Violet sah die Retina bei richtiger Stellung, so dass von der Oberfläche weder grünliches, noch violettes Licht in's Auge reflectirte, oder durch ein geeignet gedrehtes *Nicol*'sches Prisma gesehen, grauviolet aus. Doch fanden wir einzelne Retinae, die einen grünen Schein behielten: es waren solche, die reich an grünen Stäbchen waren, wie wir sogleich durch das Mikroskop constatirten. Netzhäute vom Erdsalamander und Kaninchen zeigten die Erscheinung niemals. Zinnober war in diesem Lichte farblos, dunkelgrau, Carmin grauviolet, der Retina sehr ähnlich. Wir hielten *Boll*'s Farbenproben (Ber. d. Berl. Acad. Jan.-Heft 1877) neben die Retina in dieses Weiss und fanden seine Fig. 2 identisch grauviolet mit der Farbe der Netzhaut, dagegen Fig. 1 *a*, die mit Zinnober gedruckt zu sein scheint und die Farbe der Dunkelretina wiedergeben soll, davon sehr abweichend und genau so, wie unsern Zinnober. Wurde die Retina kurz in's Helle gehalten, so schlug die Farbe, im combinirten Weiss betrachtet, mehr in das neutrale Grau um, das die genannte Fig. 1 *a* darbot. Längeres Liegen des Präparates in diesem Weiss hatte dieselbe Folge.

3. Haben wir die Retina in Weiss aus Orange und Cyanblau,

4. in solchem aus Gelb und Indig, das am schwierigsten zusammenzubringen war, betrachtet. In beiden sah sie wie von

einem grauen Schleier überzogen aus, mit durchschimmerndem Gelb oder Orange; der graue Schleier war um so dunkler, je mehr reines Gelb, das Orange drang um so mehr durch, je näher dem Roth das zur Combination des Weiss verwendete Orange genommen werden musste. Wie schon oben bemerkt, war Grau gar nicht mehr zu sehen, wenn reines Roth als eine Componente gewählt wurde, und bei der Combination aus Gelbgrün und Violet fanden wir, dass umgekehrt dem Grau sich jetzt sogar die Farbe der stärker brechbaren, im Purpur am wenigsten vertretenen Componente, das Violet, beimischte; sie that es eben, weil sie die einzige in der Beleuchtung mit vorkommende war.

Liessen wir die Retina bis zum Brandroth, Orange, Chamois und Gelb ausbleichen, so traten diese Farben in dem Maasse hervor, als das Weiss dieselben enthielt. Die Stufe Orange wurde in 1) heller roth, in 2) rein grau, frei von Beimischung von Violet, in 3) orange mit ganz leichtem grauen Schleier, in 4) grau, durch welches aber schon sehr deutlich das Gelb durchschimmerte. — Die Stufe Chamois, in 1) immer noch roth, wurde in 2) hellgrau, in 3) immer reiner und heller orange, in 4) reiner gelb, das durch den noch vorhandenen leichten grauen Schleier scheinbar in's grünlich Gelbe überzugehen schien. — Die Stufe Gelb erschien in 1) hellröthlich, in 2) hellgelbgrün, in 3) ganz blass orange und in 4) hellgelb.

Ausser dem Weiss entsprachen unseren Zwecken noch einige andere Mischfarben, vor Allem der Purpur aus reinem Roth und Violet. Unsere Erwartung, dass die Netzhaut darin überaus brillant leuchtend, wie die Farbe des Grundes aussehen werde, hat uns in keiner Weise getäuscht. Dies ist das wahre Mittel, um zu erkennen, dass die völlig unbelichtete Retina purpurfarben und nicht roth ist, und es ist das beste Mittel, weil es bei intensivstem Lichte die längste Betrachtung gestattet, da sämmtliche zur Anwendung kommende Strahlen die geringste zersetzende Wirkung auf den Sehpurpur besitzen. Da wir alle Präparationen

in einem vortrefflich lichtdichten Zimmer unmittelbar neben dem gleichfalls gegen alles ungewünschte Licht geschützten Spectralzimmer vornehmen konnten, so waren wir immer in der Lage, das Folgende treffend zu demonstriren. Wir theilten eine Froschretina in zwei Hälften und belichteten die eine Hälfte einen Augenblick in mässig hellem Tageslichte. Sowie wir sie jetzt in den spectralen Purpur legten, zeigte sich die dunkel gehaltene heller als die belichtete, da bei letzterer nur noch Roth und kein Violet mehr reflectirt wurde, während die Helligkeit des Grundes und der unbelichteten Retina sich aus den Intensitäten des Roth und Violet zusammensetzte. Der Unterschied war ähnlich dem, welchen Zinnober und Carmin in dieser Beleuchtung zeigten, indem der erstere dunkler und stumpf, der letztere wie leuchtend erschien. An der Retina wurden diese Unterschiede schon deutlich, wenn wir im gemeinen Lichte noch keine Ahnung davon haben konnten, wo die um einen Augenblick länger geschützte Hälfte farbensinnigen Personen nicht um die kleinste Nuance verändert erschien, gegen die andere. Das Mittel hatte sich also bewährt und that es um so mehr, je weiter die Differenzen mit der Entstehung der brandrothen Nuance an dem wiederholt belichteten Präparate vorschritten. Im vorliegenden Falle ist es nicht sonderlich merkwürdig, dass Belichtung die Netzhaut dunkler macht, es ist aber auch für gewöhnliches weisses Licht nicht paradox und kann da nach sehr kurzer Einwirkung wohl merklich werden: denn indem der Sehpurpur in's Licht gelangt, schlägt er in's Brandrothe um, weil die Entstehung des Sehgelb beginnt; es wird aber nur ein Minimum Purpur zersetzt und nur so viel Sehgelb gebildet, dass etwas Violet verdunkelt wird, und diese Verdunklung ist bemerkbarer, als die geringe Aufhellung, welche dafür im gelben Lichte erfolgt. So erklärt es sich, wenn gesagt ist, das Roth der Netzhaut könne durch Belichtung auch verstärkt werden.

Unser Auge erhält bekanntlich noch von einem anderen

Farbenpaare die Empfindung Purpur, nämlich von der Mischung aus Roth und Blau. Indem diese Componenten erst Violet geben sollen, letzteres und Roth aber Purpur, hat man es in der Hand, durch Ueberwiegenlassen des Roth eine zweite Art Purpur, die wir Pseudopurpur nennen wollen, hervorzubringen. Nichts kann eindringlicher über die Beschaffenheit des Sehpurpurs belehren, als der Anblick, welchen die Dunkelretina im Pseudopurpur gewährt und als der Gegensatz dieses Bildes zu dem im wahren Spectralpurpur auftretenden. Während die Retina in diesem von der Purpurfarbe der Unterlage so wenig zu unterscheiden ist, dass man in Zweifel über die Grenzen der Membran gerathen kann, wo sie z. B. vom Glaskörper umgeben aufliegt, tritt sie in jenem als schreiend brandrother Fleck hervor, der um so heller ist, je weniger Blau in der Mischung steckt, um so dunkler roth, je weniger vom spectralen Roth genommen wurde. Es liegt in dieser Beobachtung der vollkommenste Gegenversuch zum vorigen und derselbe deckt zugleich ein Verhalten auf, das allen wirklichen Purpurfarben gemeinsam ist. Carmin in Substanz oder in NH_3 gelöst erweisen sich hier von gleicher Ordnung, wie der Sehpurpur, denn sie sehen im Pseudopurpur so rein roth aus, wie Zinnober, von dem sie hier gar nicht zu unterscheiden sind. Ein mit deckendem Rosa bedrucktes Papier, dessen Pigment wir nicht kannten, und dem man wohl ansah, dass Carmin daran gespart worden, enthielt dagegen Pseudopurpur, so dass in der gleichen Belichtung sogar Blau herauskam. Lackfarbenes CO-Blut verhielt sich wie Carmin und wie Sehpurpur. Unter fortdauernder Wirkung des Pseudopurpurs zersetzt, nahm die Retina erst heller rothe, endlich grau purpurne Färbung an; sie war in weissem Lichte betrachtet jetzt der Ausbleichung nahe und liess daher das Licht des Grundes nahezu unverändert durch. Hinsichtlich der Wirkung des Pseudopurpurs auf das menschliche Auge wollen wir nicht versäumen zu sagen, dass wir uns zwar nicht getrauen, richtige Mischungen aus Blau und Roth immer

von solchen aus Violet und Roth, also Pseudopurpur von Purpur zu unterscheiden, dass es uns aber niemals gelungen ist, mit der ersteren Combination die Empfindung des spectralen Violet herauszubringen. Derartige Entstehung des Violet wird zwar oft behauptet, aber das stimmt weder mit den Bezeichnungen, welche *Helmholtz* für diese Mischung wählt (Rosa), noch für unsere Wahrnehmungen und kann vermuthlich zum Belege für die historische Vernachlässigung des Farbensinnes vieler Menschenclassen dienen, deren Sünden sich heute auf das Violet concentriren.

Farbenanalyse der Purpurlösung.

Unter der ausserordentlich grossen Zahl chemischer Mittel, welche wir zum Auflösen des Sehpurpurs versucht haben, fanden wir bisher kein andres, als die Alkalisalze der Gallensäuren, und dass ein andres gefunden werde, wird uns mehr und mehr zweifelhaft. Es liegt dies wol weniger an einer Unlöslichkeit des Stoffes ohne Gleichen, als daran, dass alle Mittel, ausser der Galle, die ihn lösen könnten, es nicht ohne Zersetzung thun; in neuerer Zeit wenigstens wird es wahrscheinlich, dass es Mittel gibt, welche aus dem Sehpurpur im Dunkeln Sehgelb erzeugen und dieses in Lösung bringen. Statt der krystallisirten Galle und des Glycocholats (von gewissen Unregelmässigkeiten des Präparates abgesehen, vergl. Heft 1, S. 43) kann zum Auflösen der Stäbchen auch das Taurocholat oder reines cholalsaures Natron verwendet werden.

Weitere Erfahrungen haben uns gezeigt, dass die Stäbchen und der Purpur von vielen Thieren in Galle löslich und es überall nur so lange sind, als das Absterben keine tieferen Zersetzungen herbeigeführt hat. Ausser vom Frosche, Kaninchen und dem Rinde, gelang es filtrirte Purpurlösungen zu bereiten aus der Netzhaut der Eule, des Aals, des Erdsalamanders und der Kröte; Unterschiede wurden an dem Verhalten dieser Lösungen in keiner Beziehung bemerkt. Die Technik der Herstellung haben wir

vereinfacht, denn es stellte sich, wenigstens für die wärmere Jahreszeit, als besser heraus, die Netzhäute nur 1—2 Stunden mit der Galle in Berührung zu lassen und darauf zu filtriren. Wartet man länger, so scheint der Farbstoff von den Gewebstrümmern wieder fixirt zu werden. Ausserdem haben wir das Epithelpigment weniger fürchten gelernt und geben jetzt auch Netzhäute mit dessen schwarzem Belege in Lösung, unbekümmert um das Durchgehen der feinen schwarzen Körnchen durch das Filter, da sich dieselben nach 12—24 Stunden vollkommen zu Boden setzen, so dass die Purpurlösung klar abpipettirt werden kann. Die Lösungen trüben sich übrigens ausserordentlich leicht durch Bacterien und sind ungemein fäulnissfähig.

Was wir schon von der Farbe der Netzhaut bemerkten, nämlich die Eigenthümlichkeit in grösserer Concentration mehr in's Violette zu schlagen, als bei mittlerer, das haben wir viel schlagender und in wahrhaft erstaunlichem Grade an der Purpurlösung beobachtet und so auffällig, dass wir auf den Gedanken kamen, die Galle verursache Farbenveränderung. Wenn man etwa 30 Froschnetzhäute mit kaum einem Cub.-Cent. Galle behandelt, erhält man einen Brei, der aussieht, wie eine starke Lösung von Carmin in Ammoniak, also viel mehr violet, als roth. Leider ist darin der Sehpurpur nicht in solcher Menge wirklich gelöst, dass das Filtrat dieselbe Farbe erhielte, sondern dieses ist nicht anders, als carminroth zu erhalten, obwohl nichts Violettes oder Blaues auf dem Filter bleibt, wenn man mit Galle nachwäscht. Will man eine tiefviolette und dabei klare Lösung haben, so muss man das Filtrat über SH_2O_4 an einem warmen Orte, möglichst schnell, in einem nicht zu weiten Schälchen concentriren, damit sich keine rosenrothen, firnissartigen Ränder bilden. Was man jetzt erhält, hat die Farbe der ammoniakalischen Carminlösung und ist vollkommen klar. Wir haben kleine Tröpfchen solcher Lösung auf Objectträgern über SH_2O_4 ganz eingedunstet und dann mit dem Mikroskop betrachtet. Da fan-

den sich in dem festen Firnisse kleine, beinahe schwarze Körnchen, die wir anfänglich für nicht entferntes Epithelpigment hielten, obwohl sie nicht das Aussehen kleinster Krystalle hatten, wie dieses. Als der Firniss jedoch an der Luft, wie es die Galle thut, Wasser anzog, bildeten sich flüssige Augen oder Tropfen darin von tief dunkel violetter Farbe und die schwarzen Körnchen schienen sich zu lösen, und als wir das Präparat ordentlich befeuchtet an die Sonne legten und wieder über SH_2O_4 trockneten, war von den schwarzen Körnchen nichts mehr zu sehen. Dieselben konnten also wohl nichts Anderes gewesen sein, als ausgeschiedener, fester Sehpurpur.

An der Sehpurpurlösung kann in sehr eleganter und überraschender Weise der Farbenwechsel durch Verdünnung unter vollkommenem Ausschlusse der Zersetzung durch Licht demonstrirt werden. Wir verdünnten die dunkelviolette Lösung mit Wasser und sahen sie anfänglich in's Roth, in richtiges Carminroth schlagen, mit mehr Wasser versetzt, in Rosenroth, weiter in Rosa, später in helles Lila, endlich sehr stark verdünnt, so gut wie farblos werden. Keine Spur von Gelb trat dabei auf. Wer mit durchsichtigen Farben Bescheid weiss, wird hier an das Verhalten lackfarbenen Blutes erinnert, wo man Aehnliches kennt. Es kann schwer sein, zwei mit Aether durchsichtig gemachte Blutproben zu unterscheiden, von denen die eine O, die andere CO enthält, besonders wenn die Sättigung mit CO nicht vollkommen ist; nach 600—1000-facher Verdünnung unterscheidet man die Proben aber sofort und ohne alle Uebung, denn da zeigt sich, wie viel mehr blaues oder violettes Licht das CO-Blut durchlässt, als das andere: das erstere sieht gelblich, das vergiftete wie verdünnter Kirschsaft aus. An der Sehpurpurlösung ist dies ähnlich, nur viel auffälliger, weil das Roth durch Verdünnen weit mehr zurücktritt, der Art, dass man von der lilafarbenen Lösung kaum ahnt, dass sie durch Concentration auch in's Rothe schlagen könne. Wir machten uns selbst

den Einwand, wie man es soll und wie es dem Wesen alles experimentellen Vorgehens entspricht, die Verdünnung mit Wasser könne die Farbe chemisch ändern, aber die Sache war auch beim Verdünnen mit Galle, statt des Wassers, nicht anders und als wir die lilafarbene Lösung eindunsteten, wurde sie so rosa und später carminfarben, wie sie es vor der Verdünnung gewesen war. Da bekanntlich viele rothe Farbstoffe die Eigenthümlichkeit haben, in alkalischer Lösung violette, in saurer mehr rein rothe Nuancen anzunehmen und die Cholate alkalisch zu reagiren, haben wir die oben erwähnten Versuche mit cholalsaurem Natron angestellt, das einen Ueberschuss der freien Säure gelöst enthielt. Hiermit konnte man die Stäbchen und den Purpur eben so gut auflösen und die Nuancen wurden dann keineswegs geändert. Unten wird gezeigt werden, dass der Sehpurpur in die Classe der durch Säuren und Alkalien hin und her veränderlichen Farbstoffe überhaupt nicht gehört.

Ganz anders wie das Erblassen durch Verdünnung geschieht das Ausbleichen der Purpurlösung im Lichte, denn da handelt es sich um eine Zersetzung und die Farbe macht alle Nuancen der belichteten Retina durch, vom Purpur in's Roth, Orange, Chamois, Gelb, zum Farblosen. Ob die Farben alle zur Erscheinung kommen, hängt von der Intensität und Zersetzungsfähigkeit des Lichtes ab, das in diffuser Tagesbeleuchtung nicht immer gerade so ist, wie man es wünscht. Wir können ein gutes Mittel angeben, sich unabhängig von diesen Zufälligkeiten zu machen. Man braucht nur etwas Purpurlösung soweit zu belichten, dass sie gut gelb ist, was immer leicht gelingt, und damit unbelichtete Lösungen verschiedener Concentrationen mehr oder minder zu mischen. So haben wir aus tiefvioletten Flüssigkeiten Carminroth, mit mehr Sehgelb ein tieferes Brandroth, aus rosafarbenen und vollends mit bis zum Lila verdünnten Lösungen, Orange und Chamois erhalten. Damit klärt sich die Natur der Zwischenstufen, besonders der letzteren, etwas sonderbaren, in

unserer Sprache schwer zu bezeichnenden, völlig auf und es hat darum jetzt keinen Sinn weiter, beim belichteten Sehpurpur von mehr als drei, nach oder neben einander entstehenden und vorhandenen Stoffen zu reden. Der Sehpurpur, durch Licht zersetzt, gibt nur ein gefärbtes Product, das Sehgelb, welches in verschiedenem Grade mit noch unzersetztem Purpur gemischt, zu allen beobachteten Zwischenstufen der Netzhautfärbung führt. Das Sehgelb geht endlich durch Belichtung in eine gänzlich farblose Substanz, in Schweiss über, von welchem sich noch zeigen wird, dass es durch einige optische Eigenthümlichkeiten zu erkennen ist.

Da in der Retina einiger Thiere (Frosch, Kröte) auch grüne Stäbchen vorkommen, so haben wir nicht unterlassen auf etwaige grünliche Nuancen Acht zu geben, die sich aus Sehgelb und minder rothen Nuancen des Purpurs hätten bilden können. Wir haben indess nie etwas darauf Deutendes gesehen, obwohl wir es anfänglich für denkbar hielten, dass der Purpur kein einfacher Körper, sondern ein Gemisch aus rothen und violetten, selbst blauen Stoffen sei. Photochemische Zersetzung mit Bildung eines rothen und eines blauen Körpers war ausserdem noch denkbar, selbst wenn man den Purpur für einfach hielt, und wenn der rothe zu Sehgelb wurde, konnte dieses immerhin durch Mischung mit dem andern blauen Spaltungsproducte zu Grün führen. Es wurde aber nichts der Art an Mischungen beobachtet, die wir mit den in verschiedenster Weise belichteten und darauf zusammengegossenen Purpurlösungen vornahmen. Das beschränkte Vorkommen der grünen Stäbchen in der Thierreihe und die unten folgenden Erfahrungen über ihre Entstehung sprechen endlich gegen die obengenannte Auffassung.

Setzt man zu einer am Lichte vollkommen entfärbten Purpurlösung sehr wenig unzersetzter, also zu überschüssigem Sehweiss Spuren von Sehpurpur, so wirkt dies genau, wie blosse Verdünnung, indem die Mischung lila oder rosa wird. Dies be-

weist, dass der Sehpurpur unter den gelösten Körpern an sich lichtempfindlich ist und nicht secundär durch irgend einen andern am Lichte sich erst bildenden, farblosen Stoff unter Entfärbung zersetzt wird.

Früher (Heft I, S. 48) wurde schon bemerkt, dass man in der Purpurlösung aus Froschnetzhäuten kein Hämoglobin finde. Dies hat sich seither aufgeklärt, denn es liegt hauptsächlich an der ziemlich schwierigen Löslichkeit der Froschblutkörperchen in Galle der von uns benutzten Concentration. Ausserdem mag der Schutz, den die umgebenden Gefässwände gewähren, von Bedeutung sein. Oft genug fanden wir in den Netzhautfetzen auf dem Filter wohl erhaltene Blutkörperchen in dem bekannten zierlichen Gefässnetze der Hyaloïdea liegen. Die Netzhäute vor dem Einlegen in Galle etwas in dünner Salzlösung abzuschwenken, bleibt jedoch rathsam.

Um die **Spectralanalyse der Purpurlösung** vorzunehmen, haben wir zwei Methoden befolgt: die Beobachtung in den Einzelfarben des objectiven Spectrums und die gewöhnliche des Vorschiebens vor das gesammte in den Spalt dringende Licht. Wir erörtern die erstere zunächst.

Das scharfe Sonnenspectrum wurde wieder durch Reflexion auf einer weissen, horizontalen Porzellan- oder Milchglasplatte entworfen, über welcher das kostbare Material möglichst sparsam auszubreiten war. Dies geschah indem wir aus derselben Capillarröhre Tropfen aus gleicher geringer Höhe auf eine besonders sorgfältig geputzte Glasplatte, in einer Reihe, mit möglichst kleinen Zwischenräumen fallen liessen. Da sämmtliche Tropfen annähernd denselben Umfang und gleiche Höhe hatten, so war damit Alles erreicht, was sich wünschen liess, und wir haben so mit unerwarteter Deutlichkeit dieselbe Absorption, wie an der Netzhaut constatiren können, nur noch um Vieles schlagender. Besah man den ziemlich durchsichtigen Milchglasstreifen, der die Tropfenplatte trug, von unten, so hatte man auf dem Spec-

trum im rothen und violetten Ende einige kaum bemerkbare Flecken, im Gelb einen hellgrauen und im Ende des Blau einen dunkelgrauen, dazwischen eine Reihe schwarzer Flecken. Durch die farblose Glasplatte allein und von unten betrachtet, sahen die Tröpfchen wie eben so viele rothe, violette, graue und schwarze Perlen aus, deren Verhalten sich aber alsbald in charakteristischer Weise änderte. Ueberraschend zierlich liess sich hier die Absorptionsänderung durch Belichtung zeigen, besonders im Violet. Wir setzten auf getrennte Glasstückchen Tropfen des klar gelösten Purpurs, hielten die einen kurz in's Tageslicht und schoben sie darauf neben den anderen in's violette Spectralende. Nun sahen die ersteren beinahe schwarz, die letzteren hellviolet aus und ähnlich auffallend war der Unterschied an den Schatten auf einem unter die Plättchen gehaltenen Papierblatte. Als diese Tröpfchen durch das ganze Spectrum bis in's Roth geführt wurden, erschienen sie in Blau und Grün gleich dunkel, aber wo das Grün anfing gelblich zu werden, schlug dies in's Gegentheil um, die belichteten wurden heller, die andern dunkler, und so blieb es mit abnehmender Deutlichkeit bis nahe an D, während darüber hinaus beide gleichmässig die Farben des Grundes, Orange und Roth, annahmen. Wir haben den Gang der Ausbleichung nach fortgesetzter Einwirkung des weissen Lichtes in Bezug auf die Absorption weiter verfolgt und constatirt, dass dieselbe im vorletzten Stadium nur noch im Indig zu bemerken ist, wo sie mit den letzten Spuren erkennbaren Sehgelbs endlich ebenfalls schwindet.

Zur Untersuchung des Absorptionsspectrums nach dem gewöhnlichen Verfahren liessen wir ein kleines doppeltes Hohlprisma (Fig. 3) aus Glasstreifen und Platten mit Canadabalsam zusammenkitten, das im Ganzen nicht mehr als 1,5 Cub.-Ctm. zur Füllung bedurfte. Zuerst wurde eine viereckige Glasplatte von 28 und 17 Mm. Seite mit dem längeren Rande gegen einen farblosen Objectträger gekittet, an den 3 übrigen Seiten mit

Glasrahmen von 4 Mm. Höhe umgeben und diagonal durch einen ebensolchen Glasstreifen getheilt. Bis auf den entsprechenden Ansatztheil am Objectträger und den gegenüberliegenden Rand des Kästchens wurde aussen Alles geschwärzt, so dass man nur durch die lange Seite des Kästchens und durch einen Streifen der Glasplatte, vor welchem Nichts absorbirt wurde, sehen konnte. Die optisch nutzbare Höhe des kleinen Doppelprisma betrug 3 Mm., die Länge 25 Mm. und die grösste nutzbare Dicke der eingefüllten Flüssigkeit 14 Mm. Wir füllten das vordere Prisma mit der zur Gewinnung des Purpurs dienenden farblosen Galle, das hintere mit der Purpurlösung, und befestigten den von einer Klemme an dem Objectträger gefassten Apparat an einem Stative so vor dem Spalte eines gewöhnlichen Spectralapparates, dass der Purpurkeil, dessen prismatische Wirkung durch das umgekehrt vorliegende Galle-Prisma aufgehoben wurde, vor dem Spalte horizontal verschoben werden konnte. In solcher Weise konnten nach einander dünnste und dickste Schichten bis zum Durchmesser von 14 Mm. auf die Absorption geprüft werden. Um den Purpur während der Untersuchung so wenig wie möglich durch Licht zu zersetzen, wurde die ganze Vorrichtung in's Dunkelzimmer hinter den Spalt im Fensterladen gesetzt, durch welchen gerade ausreichendes, zerstreutes Himmelslicht vom Heliostaten einfiel. Ausserdem wurde noch die freie Oberfläche der Lösung durch einen schwarzen Deckel geschützt. So war es möglich zuvor ein gutes, im Violet hinreichend helles Spectrum herzustellen und dasselbe ohne Uebereilung nach dem Durchgange des weissen Lichtes durch den Purpur in bekannter Weise zu untersuchen.

Fig. 3.

Bei allmähliger Verschiebung des Absorptionskästchens zeigte sich, dass die erste bemerkbare Beschattung in den Anfang des Grün vor E fällt, also da, wo dieses noch etwas gelblich

ist; mit wachsendem Durchmesser der Schicht nahm die Absorption mehr gegen das Grün und Blau, als gegen das Gelb zu, stieg dann sehr plötzlich im Blaugrün und erstreckte sich weiter in's Blau hinein. Zur Beschattung des Violet kam es bei der Concentration unserer Lösungen gar nicht, so wenig wie im Orange und im Roth. Nach partieller Zersetzung durch Belichten der Lösung von oben, sahen wir bei der Stellung des Keils, welche die erste Beschattung im Gelbgrün darbot, zuerst das Violet etwas verdunkelt, während der erstere Schatten wich, das Gelbgrün also heller wurde, und als wir jetzt die dickste Stelle des Keiles vorschoben, wurde Violet ganz ausgelöscht. In dieser Stellung wurde die Ausbleichung bis zum Ende geführt und man sah darauf der Reihe nach die Farben Gelb, Grün, Blau, und nach diesen das äusserste Indig und Violet aus der Verdunklung wieder hervortreten.

Wir haben endlich noch die Purpurlösung im partialen aus zwei Complementären gebildeten Weiss und in den Mischfarben, deren schon bei der Retina gedacht wurde, besonders im Purpur beleuchtet. Da das Verhalten ganz so wie bei jener war, so beschränken wir uns auf die Anführung der Uebereinstimmung.

Rückblick auf die Ergebnisse der Farbenanalyse.

Wem die Empfindung nicht sagt, welche Farbe die Retina eines im Dunkeln gehaltenen Auges hat, dem empfehlen wir aus den mitgetheilten Feststellungen über die Absorption des Lichtes im Sehpurpur das Facit zu ziehen. Er wird dann einsehen, dass es sich da um Etwas handelt, worüber nicht zu streiten ist, und dass es nichts Unverständigeres geben kann, als das Urtheil über diese Farbe von der Abbildung eines wie immer begabten Künstlers abhängig zu machen, dessen Aufmerksamkeit nicht darauf gelenkt worden, dass er eine Farbe copiren solle, welche bereits in der Nuance verändert ist oder es im nächsten Augenblicke und lange vor dem auffälligeren Abblassen sein wird. Ausserdem verwahren

wir uns gegen Einwendungen, welche aus Besichtigungen mit dem Taschenspectroskope oder gar mit einer der bis jetzt sehr unvollkommenen Einrichtungen, die als Spectroskope mit dem Mikroskope verbunden dienen, hergeleitet werden, denn wir haben gute Gründe gehabt, auch das letztere Mittel, nachdem wir es versucht hatten, zu verwerfen.

Da es sich bei der Retina und dem Sehpurpur um Absorptionsfarben handelt, so kommen nur die Empfindungen in Betracht, welche die nicht absorbirten Farben in unserem Auge erzeugen. Absorptionsfarben entstehen objectiv durch Subtraction vom weissen Lichte, und wie wir den Körper wahrnehmen, sagt uns ausser der Empfindung selbst die Erfahrung über anderweitig durch Addition hergestellte Mischung der durchgelassenen Farben. Wenn man also den Farbstoff gar nicht gesehen hat, kann man nach Feststellung der Absorption voraussagen, wie er gesehen wird. Wie weit das für den Sehpurpur zutrifft, zeigt die folgende Zusammenfassung.

1. In der grössten Verdünnung oder bei der dünnsten Schicht erkennt unser Auge am Spectrum des durchgegangenen Lichtes keine Absorption; die Empfindung ist weiss, wenn das Licht es ist. 2. Mit steigender Concentration beginnt die Absorption im Gelbgrün, es gehen mit Ausnahme dieser alle Farben durch und das Resultat ist Weiss plus der einen Farbe, deren Complementär fehlt, nämlich Violet; das gibt die Empfindung stark weisslichen Violets, also Lila. Wäre die Netzhautfarbe nur in solcher Verdünnung bekannt, so würde man sie nicht purpurn, sondern einfach violet nennen; sie zeigt aber mit wachsendem Durchmesser der Lösungsschicht Absorptionen in folgender Reihe: 3. Zum Gelbgrün wird das Grün beschattet, die Empfindung wird weisslicher Purpur, oder helles Rosa; 4. Gelbgrün, Grün, Blaugrün werden absorbirt, die Empfindung ist Rosa mit mehr Roth als in 3; 5. dehnt sich die Absorption auf das Cyanblau aus, die Empfindung wird Rosa mit noch mehr vorherrschendem

Roth, weil Indig und Gelb noch Weiss geben, Roth, Orange, und Violet übrig bleiben; 6. werden ausser den Vorigen Gelb und Indig absorbirt, die Empfindung wird beträchtlich gesättigter, da kein Weiss gebendes Paar mehr übrig ist, es bleiben Roth, Orange und Violet, die Empfindung ist die eines Purpurs mit stärker ausgesprochenem Roth; 7. Absorption aller Farben, wie bisher, aber von D nach C übergreifend; dies kommt in der Empfindung dem Violet des Purpurs zu Gute und derselbe nimmt die fast bläuliche, stark violette Nuance an, die man an der Retina des Frosches seltener, oft an der des Aals und der Eule, am schönsten und constant an der durch Eindunsten concentrirten Auflösung des Sehpurpurs vom Frosche sieht. Wir haben uns an diesen Objecten in der That überzeugt, dass sie in's rothe Ende des objectiven Spectrums gebracht, Absorption bis tief in's Orange zeigen, nämlich in dem Zwischenraume von C bis D, schon etwas vor dem letzten Dritttheile des an D grenzenden Abschnittes beginnend.

Wie es hat geschehen können, dass die vorstehenden Wahrnehmungen nicht überall direct gemacht wurden, glauben wir zu verstehen, wenn wir annehmen, dass nicht immer mit grösster Sorgfalt auf die Präparation der Retina im wenigst wirksamen Lichte geachtet oder das Besehen am Lichte nicht zeitig genug beendet wurde. Wenn man den ersten Umschlag aus Purpur in Roth daran gibt, ist freilich immer noch so viel auffällige Färbung an der Netzhaut wahrzunehmen, dass man ohne eingehende Erfahrungen glauben kann, Alles oder das Wesentliche gesehen zu haben. Dem ist jedoch nicht so und wir hoffen mit dem Folgenden zu zeigen, dass das Verhalten des Sehpurpurs im Auge und am Lichte nur verständlich wird, wenn man weiss, dass sogenanntes Sehroth schon ein photochemisches Zersetzungsproduct enthält und durch Verunreinigung des Purpurs mit den ersten Antheilen von Sehgelb entsteht.

Von der Fluorescenz der Retina und des Sehpurpurs.

Aus *Helmholtz*'s Untersuchungen (Pogg. Ann. XCIV.) ist die weissgrünliche Fluorescenz der menschlichen Retina im ultravioletten Lichte bekannt. Später wurde von *Setschenow* (v. Gräfe's Arch. V. 2.) dasselbe Verhalten auf *Helmholtz*'s Veranlassung an der möglichst frischen Netzhaut des Ochsenauges festgestellt.

In der Herstellung möglichst reinen ultravioletten Lichtes sind wir ganz den *Helmholtz*'schen Vorschriften gefolgt und wir haben die meisten unserer Versuche gleichfalls mit einem vorn versilberten Heliostatenspiegel ausgeführt. Spiegel von Neusilber, welche jetzt mehr zur Reflexion der ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes empfohlen werden, boten uns keine Vortheile; doch mag der Schliff des unsrigen nicht vollkommen genug sein. — Um es kurz zu sagen, nahmen wir einen ersten, mehr als 1 Centimeter weiten Spalt im Laden, eine Quarzlinse, dann das Quarzprisma, in welchem die optische Axe den einen Winkel von 50° halbirte, unter Benutzung eines der anderen nicht doppelbrechenden Winkel von 65°, und stellten die Combination so auf, dass das Bild des ersten unreinen Spectrums auf eine Ebene dicht hinter dem Prisma fiel. Hier war der zweite Spalt so eingeschoben, dass der vorgehende Rand gerade an das Ende des Violet fiel. Dahinter befand sich das zweite Quarzprisma und hinter diesem die zweite Linse kürzerer Brennweite aus Quarz. Ueberall, wo es nöthig war, wurden grössere schwarze Schirme zum Schutze gegen zerstreutes und reflectirtes Licht aufgestellt und ein letzter Schirm angewendet, um am Orte des ultravioletten Bildes abzublenden, was noch an Licht vom andern Spectralende stören konnte. Wir erhielten so auf Chinin, Aesculin, Fluorescin u. s. w. die herrlichsten Fluorescenzerscheinungen, und sahen mit derselben Ueberraschung, wie Andere vor uns, die ungemein auffällige, blaue Fluorescenz der Linse im lebenden Auge des Menschen, welche das Ansehen einer ausgebildeten Cataract hervorruft. Das reinste Ultra-

violet, das wir darzustellen vermochten, war übrigens nicht ganz so frei von langwelligem Lichte, als wir erwartet hatten, denn wenn wir es direkt mit einem Prisma oder mit dem Taschenspectroskope betrachteten, sahen wir immer noch andersfarbiges Licht, in einzelnen Fällen sogar etwas Roth. Dieses Licht war aber ausserordentlich schwach, so schwach, dass man in der Projection auf Papier gar nichts davon bemerkte, und jedenfalls zu schwach, um Täuschungen veranlassen zu können. Wenn von der Farbe des Sehpurpurs und anderer rothgefärbter Objecte absolut nichts in dem Lichte zu erkennen war, glaubten wir darüber beruhigt sein zu können. Einige Vorversuche belehrten uns über die Fluorescenz fast aller zur Hand befindlichen Dinge. Unter thierischen Gebilden zeichneten sich Sehnen, Fascien, Elfenbein, Knorpel in abnehmender Reihe, dann die Fingernägel, unsere Haut durch bläuliche Fluorescenz aus. Sehr schwach war dieselbe am frischen Querschnitte des Froschmuskels und mehr in's Grünliche spielend. An der Cornea des lebenden Auges sahen wir nur mässiges Leuchten, wie es beschrieben wird. Zur Unterlage für die Retina fanden wir, wie Andere, nichts Geeigneteres, als mattes Porzellan, obwohl dasselbe nicht ganz frei von Fluorescenz war. Um uns vor Verwechslung reflectirten Ultraviolets mit solchem, namentlich bläulichem Lichte, das durch Fluorescenz entstand, zu schützen, wandten wir wieder das *Nicol*'sche Prisma an, das vortheilhafter als Canarienglas diente.

Unbelichtete Netzhäute vom Frosch, Kaninchen, Rind und Schwein zeigten niemals die von *Helmholtz* entdeckte weisslich grüne Fluorescenz, sondern verbreiteten **weisslich blaues** Licht. Erst nach der zersetzenden Einwirkung des Tageslichtes trat das bisher bekannte weisslich grüne Licht auf, um so kräftiger, je vollständiger die Bleichung des Netzhautpurpurs erreicht war, und dann so intensiv, wie es schwerlich bisher gesehen sein dürfte. Abnahme des zerstreuten blauen Lichtes ist jedoch schon bemerkbar, wenn der Purpur in Orange umschlägt, deutlicher, wenn nur

Sehgelb sichtbar ist, am deutlichsten beim reinen Sehweiss, wo nur noch das grünlich-weisse Leuchten wahrzunehmen ist. An der Froschnetzhaut ist das blaue Leuchten nicht so rein, wie bei den Säugern, schon etwas ins Grünliche gehend und im Ganzen auch etwas schwächer. Auftrocknen der Membranen macht hier, wie bei den andern Netzhäuten die Erscheinung auffälliger, die Fluorescenz intensiver, sowohl bei erhaltenem, wie bei gebleichtem Purpur; die Aenderung der blauen zur grünen Fluorescenz erfolgte jedoch wie an den feuchten Objecten, wenn die Bleichung glückte.

In der Retina dürften nach unsern Erfahrungen zweierlei fluorescirende Schichten anzunehmen sein: die Stäbchenschicht und die gesammten vorderen Retinalgewebe. Die letzteren fluoresciren unter allen Umständen bläulich, aber immer sehr viel schwächer als die Stäbchen, gleichviel ob diese farbig oder gebleicht sind. Schabten wir im Natronlichte die Stäbchen an einer Stelle möglichst fort, so war der Ort im Ultraviolet sofort daran zu erkennen, dass er schwächer leuchtete und nach bleichender Belichtung erkannte man ihn nicht nur daran, sondern auch an der Farbe, als bläuliche, dunklere Insel in grünlichem Grunde. Es ist daher zur Erkennung des Helmholtz'schen Phänomens keineswegs gleichgültig, welche Seite der Retina dem erregenden Lichte zugewendet wird, denn das weisslich grüne Leuchten ist bezüglich der Farbe weniger deutlich, wenn die vorliegenden Schichten auch blaues Licht aussenden, vollends in der getrübten, todten Retina der Säugethiere.

Nach dem Gesagten wird man kaum zweifeln, dass die Fluorescenzunterschiede dunkel gehaltener und belichteter Retinae durch den Sehpurpur und dessen photochemische Zersetzungsprodukte bedingt werden. Wir haben die Erscheinung an der abgeschabten Netzhaut, wie erwähnt, ausbleiben oder sehr geschwächt gesehen; aber wir konnten sie an den abgeschabten Stäbchen mit der grössten Deutlichkeit bemerken. Es genügt, die nach sanftem

Streichen mit der Kochsalzlösung von der Ochsenretina ablaufende, von Stäbchen erfüllte, trübe Flüssigkeit zu nehmen, um daran, so lange sie farbig ist, die bläuliche, sobald sie verfärbt oder entfärbt ist, die grünliche Fluorescenz zu sehen. Dies war selbst ohne Unterlage und ohne einschliessendes Glas, kurz ohne alle die Dinge zu sehen, die etwa ausserdem fluoresciren konnten, nämlich an hängenden und fallenden Tropfen. Eintrocknen der Masse verstärkte die Erscheinung hier ebenfalls. Unter allen Umständen wurde endlich die grünliche Fluorescenz intensiver gefunden, als die bläuliche.

Hiermit war jetzt ein kostbares Mittel gefunden, um nicht allein dunkel gehaltene Retinae ohne nennenswerthe photochemische Aenderungen betrachten und auf den Zustand ihres Purpurs untersuchen zu können, sondern auch um das Sehweiss, für dessen Erkennung es bisher kein Mittel, als das nur unter gewissen noch unbewiesenen Voraussetzungen geltende der Regeneration durch das Retinaepithel gab, an Ort und Stelle anzuzeigen.

Was das Ultraviolet in dieser Hinsicht leistet, sahen wir sofort, als wir ein altes, trockenes, auf der mit Alaun behandelten Kaninchennetzhaut befindliches Optogramm, das vielfach ohne Schonung gezeigt und am Lichte fast verschwunden war, hinein hielten: es kam darin, wie augenblicklich entwickelt oder hervorgezaubert, mit erstaunlicher Deutlichkeit zum Vorschein, die belichteten Theile der Figur hellgrünlich leuchtend, die dunkleren viel matter und den immer noch etwas bläulich grünen Schimmer zeigend. Wir halten es daher für nicht zu gewagt, das Ultraviolet als Mittel zu empfehlen, um geringe Differenzen belichteter und beschatteter Theile auf der Netzhaut zu unterscheiden, also da, wo unser Auge im gemeinen Lichte die ersten Spuren des Optogramms noch nicht bemerkt, oder da, wo die Zeichnung, wie an dem verdorbenen Optogramme, durch zu starkes Ausbleichen fast unkenntlich geworden ist. Im Augenblicke waren wir durch den Wunsch, die sonnige Jahreszeit für andere uns ge-

rade wichtigere Dinge auszunutzen, verhindert, die Methode nach dieser Richtung weiter auszudehnen und wir bemerken daher für Diejenigen, welche sich ihrer bedienen wollen, dass in Fällen, wo die Unterscheidung der bläulichen und der grünlichen in einander übergehenden Farben noch so schwach sein mag, die Intensität der Fluorescenz immer noch über locale photochemische Zersetzungen der Stäbchenfarbe entscheidet.

Von besonderer Bedeutung scheint uns der mit der Fluorescenz zu führende Nachweis, dass das Sehweiss die Grenzen der Stäbchenschichte nicht verlässt, also nicht darüber hinaus in die vorderen Gewebsschichten eindringt. Wurde eine vollkommen an der Sonne entfärbte Netzhaut mit intensiv weissgrün leuchtender Rückfläche stellenweise der Stäbchen beraubt, so erkannte man dies im Ueberviolet sofort an der viel geringeren Helligkeit und an dem mehr bläulichen Glanze der defecten Stellen. Da von den Stäbchen beim Abstreifen vorzugsweise die Aussenglieder fortgehen, halten wir es zugleich für wahrscheinlich, dass das Sehweiss nicht weit und in keinen grösseren Mengen in die Innenglieder dringt.

Seit man die Entfärbung des Sehpurpurs durch Licht an der isolirten Retina kennt und seit man weiss, dass es da eine lichtempfindliche, die Farbe verlierende Substanz giebt, wird sehr allgemein angenommen, dass die ungemein langsame Ausbleichung der Retina im Leben auf demselben Vorgange beruhe, und die Hypothese ist deshalb auch zulässig, weil man im Epithel der Retina den Regenerator kennt, der die grosse Resistenz des Purpurs im Leben gegen Licht bewirken und die Schwierigkeit der vollständigen Entfärbung erklären kann. Man ist jedoch mit befremdender Leichtigkeit über den Umstand hinweggegangen, dass der Sehpurpur und das Epithel sich möglicher Weise im Leben anders verhalten können, und scheint ganz vergessen zu haben, dass im lebenden Auge auch die Resorption, wenigstens an so langsamen Vorgängen, wesentlichen Antheil haben

kann. Wir wissen darüber wenig, aber Das ist erkennbar, dass Blutfülle und Strömung im belichteten Auge andere sind, als im dunkel gehaltenen. Uns war es freilich auch nicht besonders wahrscheinlich, dass der Sehpurpur im Leben auf Lichtwirkung anders, als durch Zersetzung am Orte schwinde, aber wir finden den Beweis unumgänglich, dass dies die einzige Ursache sei. Nachdem *Michel* ein menschliches Auge von normaler Sehschärfe nach mehrstündiger Verdunkelung purpurfrei gefunden hat (Centralbl. f. d. Med. Wiss. 1877 Nr. 24), weiss man zum mindesten, dass der Sehpurpur nicht ausschliesslich durch Licht aus den Stäbchen schwinden kann.

Mittelst der Fluorescenz hofften wir über die Frage entscheiden zu können, ob die Stäbchen *intra vitam* das photochemische Zersetzungsprodukt des Sehpurpurs in derselben Weise, wie die der isolirten Netzhaut nach der Bleichung durch Licht enthalten. Zu dem Ende wurden Froschretinae, die nach dem Herausnehmen auf einer Glasplatte bis zur Farblosigkeit besonnt waren, und solche, welche im lebenden Frosche durch längeres Aussetzen in besonnte Aquarien ihre Farbe verloren hatten, im Ultraviolet verglichen. Das Ergebniss bestand in einer erheblichen Differenz: während die ersteren das bereits geschilderte Verhalten zeigten, kräftiges grünliches Leuchten, war an den letzteren das Licht bedeutend schwächer und die grünliche Farbe wenig wahrnehmbar über dem bläulich durchleuchtenden Grunde der vorderen Schichten.

Hiernach ist ein Verlust von Sehweiss in den Stäbchen des lebenden Auges nach hinreichender Belichtung unzweifelhaft und man wird dies kaum anders, als durch Resorption bedingt, auffassen können. Wir sind jedoch nicht der Ansicht, dass solche Aufsaugung die photochemisch zersetzlichen Stoffe im unveränderten, noch unzersetzten Zustande treffe, denn zwischen den Netzhäuten von Fröschen, die gerade ausgebleicht waren, und solchen, welche statt ½ Stunde eine ganze, zwei und mehr

Stunden im Lebenden in der Sonne verweilt hatten, gab es Unterschiede zum Nachtheile der letzteren, und wir zweifeln selbst, dass es durch tagelange Besonnung gelinge, die Stäbchenfluorescenz vollständig zu tilgen. Wir sehen in dem Gange der weiteren Untersuchungen über das physiologische Verhalten des Sehpurpurs eine Eventualität voraus, wo die Unterschiede zwischen isolirt gebleichten Netzhäuten, welche kein Material einbüssen können und solchen, welche von strömenden Säften beeinflusst werden, von Bedeutung werden können.

Unsere Erfahrungen über die Fluorescenz der menschlichen Netzhaut sind z. Z. leider noch recht unvollkommen, aber wir halten es für geboten, so viel davon mitzutheilen, als wir bis heute an diesem immer nur durch besondere Gunst erreichbaren, kostbaren und wichtigen Materiale festzustellen vermochten. Wie wir an der Netzhaut im Dunkeln gehaltener und getödteter Säugethiere erst die Stäbchenfluorescenz in der unvergleichlich auffälligeren Weise zu sehen bekamen, indem wir den Purpur nach Isolation der Membran, wo kein Sehweiss abhanden kommen konnte, am Lichte zersetzten, während alle früheren Beobachtungen von der im Leben bereits gebleichten und darum wenig Sehweiss enthaltenden Retina nur schwache Andeutungen der Erscheinung zu gewähren vermochten, so hofften wir an dem Auge im Dunkeln Verstorbener die *Helmholtz*'schen Angaben besonders deutlich bestätigt zu finden. Ausserdem rechneten wir darauf, an dem Verhalten der Fovea centralis Einiges über An- oder Abwesenheit der Fluorescenz in den Zapfen zu erfahren, nachdem wir bei der Retina der Schlange (Tropidonotus natrix) eine äusserst schwache und durch Belichtung, wie es schien, weder zu verstärkende noch in der Farbe zu ändernde bläuliche Fluorescenz wahrgenommen hatten. Die bei der Schlange ausschliesslich vorkommenden Zapfen haben indess so kleine Aussenglieder, an denen meist viel Substanz des Pigmentepithels haftet, dass wir von dem überdies negativen Befunde wenig befriedigt,

um so grössere Erwartungen auf die ersten uns zukommenden menschlichen Augen setzen mussten.

Zunächst haben wir nicht das Glück gehabt, die Augen an einem sonnenklaren Tage zu empfangen: wir mussten deshalb die Netzhäute in Stücke zerlegt, zum Theil im Lichte, zum Theil im Dunkeln auf Porzellanplättchen auftrocknen, was unter Verhütung der Fäulniss mit möglichster Geschwindigkeit in Exsiccatoren geschah, welche Gefässe mit Schwefelsäure mit sehr grosser Oberfläche enthielten.

Ueber die Augen ist nach der vom behandelnden Arzte gegebenen Auskunft Folgendes zu berichten: Das Paar Nr. I stammte von einem 36jährigen, an Epilepsie leidenden, in Folge von Pachymeningitis, Leptomeningitis, Encephalitis acuta verstorbenen Manne. Zwei Stunden vor dem Tode (1. Juli, 10 Uhr Morgens) war das Zimmer verdunkelt worden; Abends 8 Uhr wurden die bis dahin verbunden gebliebenen Augen im Scheine eines weit entfernten Talglichtes exstirpirt und in Eis bewahrt. — Der Besitzer der Augen Nr. II starb am 2. Juli, 2 Uhr Morgens in einem schon am Tage vorher dunkel gehaltenen Zimmer. Die Section ergab hochgradige Atrophie und Sklerose des Gehirns nebst einigen encephalitischen Corticalisheerden. Die Augen wurden um 4½ Uhr Morgens bei schwacher Talglichtbeleuchtung exstirpirt, ebenfalls in Eis verpackt und mit Nr. I bis 11 Uhr Morgens desselben Tages uns zur Untersuchung übergeben.

In allen vier Augen war der Purpur merkwürdig schwach entwickelt, bei I schwächer, als bei II, äquatorial überall am schwächsten[1]). Bei II lag die rosafarbene Grenze um 3 mm.,

---

[1]) Anmerkung. Das Verhalten dieser Netzhäute erinnert sowohl an den neuesten merkwürdigen Befund gänzlicher Abwesenheit des Sehpurpurs in einem lange verdunkelten Auge von *Michel* (l. c.), wie an einen früher (Heft 2 d. Unt.) von mir mitgetheilten. An 3 Augenpaaren menschlicher Leichen fand ich nunmehr trotz lange vor dem Tode begonnener Verdunk-

bei I der noch als lila zu erkennende Rand etwa 1 mm. hinter der Ora serrata. Von Nr. I wurde für die hier mitzutheilenden Beobachtungen kein Gebrauch gemacht, weil die Retina an vielen Stellen mit einzelnen oder ganzen Gruppen von Pigmentzellen besetzt blieb. An sämmtlichen Augen fiel die unlösbare Verbindung der Retina mit dem Glaskörper auf und eine andere bisher an so conservirten Augen noch nicht bemerkte Erscheinung, die in der leichten Ablösung grösserer, nur aus zusammenhängenden Stäbchen und Zapfen gebildeter Fetzen bestand. Da die Retinae schon die bekannten cadaverösen Falten zeigten, was wir

---

lung unerwartet geringe Färbung der Stäbchen und bei diesen übereinstimmend am schwächsten in der Gegend des Aequators. In zwei Fällen ist der Verdacht cadaveröser Zersetzung ganz ausgeschlossen, aber ein solcher kann weder gegen den obigen Fall Nro. I noch überhaupt jemals aufkommen, weil ich mich auch bei der menschlichen Retina überzeugt habe, dass längere und intensivste Fäulniss die Membran wohl fast zerfliessen macht, aber bei Ausschluss des Lichtes nicht im Geringsten entfärbt. Ich bin daher sehr geneigt anzunehmen, dass die Regeneration des Sehpurpurs in vielen Fällen allmähligen Verlöschens des Lebens nach Krankheiten vor dem letzten Athemzuge und vor dem abschliessenden Herzschlage bereits stark vermindert oder vernichtet ist, so dass das Leichenauge unter gewissen Umständen in der That die Effecte einer geraume Zeit vor dem Tode stattgefundenen Belichtung noch verrathen könnte. Was mir früher das Unwahrscheinlichste zu sein schien, nämlich dass die Regeneration zuerst in der Aequatorialzone, zuletzt im Grunde des Auges erlösche, Das scheint mir jetzt, nachdem ich solche, in mässiger Entfernung von der Macula lutea und dem Opticuseintritte noch am besten gefärbte Netzhäute 6mal gesehen habe, am Annehmbarsten. Da man nicht wissen kann, wie es um der Regeneration vergleichbare Processe in der Fovea centralis und an den Zapfen überhaupt steht, so muss hinsichtlich des von mir aufgestellten Satzes, dass nur Stäbchen, niemals Zapfen Sehpurpur enthalten, an die älteren Beobachtungen über die constante Farblosigkeit aller Zapfenaussenglieder sämmtlicher Thiere und besonders in der Fovea des Affenauges erinnert werden, welche den am Leichenauge des Menschen zu erhebenden Bedenken nicht unterliegen. Im Uebrigen erlaube ich mir an Diejenigen, welche zu solchen Untersuchungen Gelegenheit finden, die Aufforderung zu richten, Zeichen eines etwaigen Schwindens des Sehvermögens in der Agone möglichst zu beachten. W. K.

der gerade herrschenden sehr hohen Temperatur, welcher die Augen bis zur Exstirpation ausgesetzt waren, zuschrieben, waren wir um so mehr überrascht, an einzelnen jener aus dem Salzwasser mit dem Objectträger glatt herausgefischten Fetzen, Stäbchen wie Zapfen von vollkommenster Erhaltung und in der gewohnten zierlichen Weise angeordnet zu finden.

Das Material von Nr. II wurde in der Weise geordnet, dass wir die beiden sehr gut kenntlichen Maculae mit der nicht durchlöcherten Fovea auftrockneten, die eine am Lichte, die andere im Dunkeln; ebenso wurde mit Stücken der bestgefärbten Zone am Grunde des Auges, sowie mit Streifen von der Ora serrata und mit einzelnen der zarten, nur von Stäbchen gebildeten Häutchen verfahren, deren entsprechende Vorderschichten wir ausserdem noch in Verwendung nahmen. Als am 6. Juli wieder Sonnenlicht zur Verfügung stand, nahmen wir die Untersuchung im überviolettten Lichte vor. Dieselbe ergab sehr schwache, der Farbe nach kaum zu bestimmende Fluorescenz des eingetrockneten Glaskörpers, von welcher wir um so weniger gestört zu sein meinen, weil alle Präparate mit der Rückseite nach vorn und möglichst vor dem Ueberfluthen des Glaskörpers geschützt ausgebreitet waren. Die stärkste und zwar weissgrünliche Fluorescenz war an den gebleichte Stäbchen tragenden oder nur aus Stäbchen bestehenden Theilen zu sehen, die schwächere und bläuliche an den ungebleichten, so wie an den der Stäbchen beraubten, gleichviel, ob dunkel oder im Lichte gehaltenen Stellen, die schwächste am farblosen Theile der Ora serrata, wo vorausgegangene Belichtung auch gar keinen Unterschied bedingt hatte. In der Macula lutea sahen wir am belichteten, wie am dunkel gehaltenen Präparate deutlich bläuliches Licht zerstreut werden, worin sich die Fovea geradezu als dunkler Fleck abgrenzte.

Wir können das eben Angegebene aus mehreren Gründen nur als provisorisch betrachten, denn es fehlte der uns zur Verfügung gewesenen Netzhaut vor Allem der normale Pur-

purgehalt, und hinsichtlich des gelben Fleckes und der Fovea sind wir bei der seltsam leicht erfolgten Ablösung ganzer Gebiete zusammenhängender Zapfen und Stäbchen nicht in der Lage, die Erhaltung dieser Gebilde an den untersuchten Stellen zu behaupten. Wir sind nur des einen Umstandes sicher, dass die Foveae keine Löcher hatten. Mit vollkommener Sicherheit können wir daher nur Das für die menschliche Retina behaupten, dass die Stäbchenschicht der Sitz der stärksten Fluorescenz ist und im purpurnen Zustande bläulich, im gebleichten grünlich und am stärksten fluorescirt, während die vorderen Schichten schwach bläuliche, durch Belichtung nicht veränderliche Fluorescenz besitzen.

Für die Frage vom Sehen des ultravioletten Lichtes mittelst unseres Auges, geben die vorstehenden Beobachtungen kaum Aufschlüsse, schon weil es im Allgemeinen äusserst unwahrscheinlich ist, dass der Chemismus des Sehpurpurs sich an specifischen Farbenwahrnehmungen betheilige. Die *Helmholtz*'sche Annahme, dass wir das Ultraviolet eigentlich wie lichtschwaches Violet, aber modificirt durch die grünliche Fluorescenz der Retina, und in Folge dieser, Lavendelgrau sehen, wird von unsern Befunden ebensowenig berührt, insofern die Fluorescenz der Zapfen mehr in Betracht käme, von der wir noch keine zuverlässige Kenntniss haben. Da man denken könnte, dass die nicht grünliche, sondern schwach bläuliche Fluorescenz der vorderen Retinaschichten Einfluss auf unsere Wahrnehmung des Ultraviolet gewinne, erlauben wir uns an den Einwand zu erinnern, welchen *Helmholtz* aus gleichem Anlasse bereits gegen die Mitwirkung des von der Linse zerstreuten blauen und viel lebhafteren Fluorescenzlichtes gemacht hat, und zu berichten, dass wir von einem intelligenten Manne, dem auf einem Auge die Linse extrahirt war, nur Aeusserungen über seine Wahrnehmung des Ultraviolet vernommen haben, die auf völlige Gleichheit mit der unsrigen schliessen liessen. Leider bestand auf dem andern Auge eine Linsentrübung,

so dass der Betreffende nicht über etwaige Unterschiede der Empfindung an sich selbst urtheilen konnte. Wurde ihm die getrübte Linse ultraviolet beleuchtet, so nannte er seine Wahrnehmung blau.

Obwohl bis heute mit dem Augenspiegel kaum Aufschlüsse über den Sehpurpur erreicht sind, haben wir gern von der Freundlichkeit des Herrn Prof. *O. Becker* Gebrauch gemacht, der an dem genannten, der Linse beraubten Auge einen Versuch machte, die Fluorescenz der Netzhaut ophthalmoskopisch zu erkennen. Das Licht erwies sich zu diesem Zwecke jedoch als zu schwach und es wurde nichts erreicht. Gleichwohl meinen wir erneute Versuche, vielleicht mit minder reinem, nur einmal gebrochenem, intensiverem Ultraviolet an aphakischen Augen empfehlen zu sollen, denn im Falle des Gelingens würde nichts Geringeres, als die Sichtbarkeit des Optogramms im Auge des lebenden Menschen in Aussicht stehen.

Um die Erfahrungen über Fluorescenz der Netzhaut soweit abzuschliessen, als es bei dieser Gelegenheit anging, haben wir noch das Verhalten der Lösung des Sehpurpurs im Ultraviolet beachtet. Wir fanden darin auffallend brillantes blaues Leuchten, aber die an der Sonne gänzlich ausgebleichte Lösung stand der purpurfarbenen kaum nach. Wie sich herausstellte, rührte die Erscheinung von der farblosen Galle her, welche diese Fluorescenz in solchem Grade besitzt, dass die des Sehpurpurs und des Schweisses darin unkenntlich wird. Da verdünnte Lösungen von cholalsaurem Natron viel geringere blaue Fluorescenz entwickelten, benützten wir diese zur Auflösung des Purpurs und fanden daran, was sich erwarten liess, nämlich Verstärkung des blauen Scheines, so lange der Purpur unzersetzt war, Steigerung der Lichtintensität mit Uebergang in's Grünlichblaue nach der Ausbleichung im Sonnenlichte. Wir müssen jedoch hervorheben, dass die Erscheinungen hier nicht entfernt mit der Deutlichkeit ausgesprochen waren, wie an der Retina oder an der früher erwähnten Stäbchenemulsion.

In der Voraussetzung, dass es die photochemischen Zersetzungsprodukte des Sehpurpurs seien, welche der Netzhaut die stärkste Fluorescenz ertheilen, haben wir den Versuch gemacht, die ultraviolette Beleuchtung als Mittel zu benutzen, um zu erfahren, ob einige Reagentien, welche die Netzhaut und den Sehpurpur im Dunkeln verfärben oder bleichen, daraus dieselben Zersetzungsprodukte erzeugen, wie sonst das Licht. Was wir darüber jetzt mittheilen, kann nur als ein Anfang derartiger Untersuchungen betrachtet werden, denn wir verhehlen uns nicht wie gefährlich es ist Schlüsse zu ziehen, wo eine einzige, wenn auch noch so empfindliche Reaction an die Stelle der zahlreichen, dem Chemiker allgemeiner gewohnten tritt. In der Ueberzeugung aber, dass ein so wichtiger und auf gewöhnlichen Wegen kaum angreifbarer Körper, wie der Sehpurpur, sich seine eigene Methodik erst schaffen müsse, haben wir die folgenden naheliegenden Beobachtungen nicht unterlassen.

Was den Sehpurpur im Dunkeln ändert, pflegt es z. Th. in derselben Weise zu thun, wie das Licht, d. h. erst eine gelbe Materie, dann farblose Substanz hervorzubringen. Der Kürze wegen und um dem Auslande unsere Bezeichnungen zugänglich zu machen, kann man sagen, Rhodopsin werde erst in Xanthopsin, dieses in Leukopsin zersetzt. Wir werden unten über die in dieser Hinsicht brauchbaren Mittel mehr berichten und beschränken uns hier auf die Mittheilung des Verfahrens, welches das einfachste war, um nach Bedürfniss das eine oder das andere Zersetzungsprodukt zu erhalten.

Bekanntlich hat das Chlorzink die Eigenschaft die Fluorescenz vieler Stoffe zu verstärken und so wirkt es auch auf die Sehweiss enthaltende Retina. Eine isolirte, am Lichte gebleichte Netzhaut, mit einer dünnen Chlorzinklösung getränkt, sieht im Ultraviolet sofort viel heller und glänzender weissgrün aus, als zuvor. Vorgängiges Behandeln mit Alaun oder Trocknen sind dafür kein Hinderniss. Legt man die purpurne Retina im Dunkeln

in Chlorzink, so wird die Farbe, je nach der Concentration der Lösung in kürzerer oder längerer Zeit gelb, in ziemlich verdünnter Lösung nach 24 Stunden. Das jetzt entstandene Xanthopsin scheint nicht verschieden von dem durch Licht erzeugten zu sein, obwohl es in der Retina sehr langsam, bei intensivem Lichte erst nach einigen Stunden farblos wird. Es ist dies keine Eigenthümlichkeit des Sehgelb, sondern bedingt durch die Fixirung am Substrat, wodurch der Körper weniger lichtempfindlich wird, was, wie unten gezeigt werden wird, durch sehr verschiedene Mittel zu erreichen ist. Im Dunkeln zersetzt Chlorzink das Xanthopsin nicht weiter, die Retina bleibt gelb. Als wir dieselbe im Ultraviolet betrachteten, fanden wir die Fluorescenz so gut wie erloschen: es war nur ein kaum wahrnehmbarer bläulich grauer Schein vorhanden. Wir schliessen hieraus, dass unter den Stoffen, welche in den Stäbchen vorkommen können, nur der Purpur und das Schweiss fluoresciren, das Sehgelb nicht oder kaum. War Das richtig, so musste die in Chlorzink gelb gewordene Netzhaut nach längerem Liegen und Abblassen am Lichte starke weissgrüne Fluorescenz annehmen, und dies sahen wir wirklich in der auffälligsten Weise eintreten. Wir empfehlen zu dem Versuche das Chlorzink, weil es vor anderen Reagentien die Eigenschaft hat, das Xanthopsin auch nach längerer Wirkung nicht in Leukopsin zu verwandeln, und weil es auf das Rhodopsin nur insofern zu wirken scheint, als es Xanthopsin erzeugt, denn die bläuliche Fluorescenz der Dunkelretina verstärkt es niemals; der erste Erfolg besteht da immer in einer Schwächung, selbst wenn die Netzhautfarbe noch ziemlich roth ist, der letzte beinahe in Vernichtung des Fluorescenzlichtes.

Heft 1. S. 59 wurde schon bemerkt, dass langwelliges Licht die Netzhautfarbe vorwiegend zu gelben Nuancen, kurzwelliges zur Farblosigkeit bringt, wie dies genauer im folgenden Capitel belegt werden soll. Es ist aber hier schon am Orte über die Aenderungen der Retina-Fluorescenz nach monochromatischer

Belichtung zu berichten. Dieselben können damit kurz bezeichnet werden, dass es kein farbiges Licht gibt, welches ausschliesslich Xanthopsin an der frischen Retina erzeugt, denn wenn wir die letztere im spectralen Orange, das sehr langsam und am wenigsten gerade auf das Xanthopsin wirkt, nur so lange hielten, dass eben eine Veränderung der Färbung zu erkennen war, so fanden wir nicht Abnahme, sondern Zunahme der Fluorescenz mit deutlichem Uebergange zur grünlichen Nuance des zerstreuten Lichtes, wie es geschehen musste, wenn neben dem Sehgelb aus diesem schon etwas Sehweiss gebildet war. Dagegen fanden wir im violetten und im ersten Theile des ultravioletten Spectrallichtes, welche beide Sehgelb entfärben, ein Mittel, um eine ganz frische Retina so zu ändern, dass darin neben dem noch nicht zersetzten Sehpurpur keine Spur von Sehgelb optisch nochzuweisen war, indem offenbar jede kleinste Menge eben gebildeten Xanthopsins sofort weiter in Leukopsin verwandelt wurde. So brachten wir es dahin, eine Netzhaut nur wenig und ohne Aenderung der purpurnen Nuance durch Licht erbleichen zu lassen, während sich ihre Fluorescenz beträchtlich verstärkt und mehr zum Grün, als zum Blau neigend zeigte.

Zum Schlusse ist hier noch eines Einwandes zu gedenken, der uns durch die bisherigen Untersuchungen über Fluorescenz begleitete: die Stäbchen der Dunkelretina konnten etwas neben dem Sehpurpur enthalten, das fluorescirte und dessen Fluorescenzlicht durch Absorption seitens des Purpur verdeckt wurde; erblich der Purpur, so musste die grünliche Fluorescenz zum Vorschein kommen. Wir müssen in dieser Hinsicht darauf aufmerksam machen, dass es viele rothe und purpurfarbene Stoffe gibt mit lebhaft grüner Fluorescenz, die also ein Licht aussenden, von dem man erwarten sollte, dass es besonders stark absorbirt werde, eben weil die Lösungen solcher Körper im durchfallenden Lichte die complementäre Färbung zeigen. Für manche Stoffe, wie für das Chlorophyll z. B. scheint Etwas der Art auch zuzu-

treffen. An der Retina aber handelt es sich immer um Zerstreuung eines durchaus nicht einfarbigen, sondern, wie schon *Helmholtz* angibt, eines erheblich weisslichen Lichtes, und da gerade dieses, obschon mit grünlicher Nüance, nach dem Erbleichen des Purpurs mit so verstärkter Intensität hervorbricht, ist es recht unwahrscheinlich, dass der Purpur in der dünnen Schicht es vorher zurückgehalten haben sollte. Dass er dazu unfähig ist, lehrt überdies die so viel lebhaftere Fluorescenz einer im violetten Lichte kaum angebleichten Netzhaut. Ausserdem wäre es schwer zu verstehen, wie die Fluorescenz des supponirten Körpers dazu kommen sollte, verborgen zu bleiben, wenn durch Dinge, die wie das Chlorzink wirken und Sehgelb erzeugen, der Sehpurpur zersetzt und eine Farbe übrig geblieben ist, welche so gut wie kein Hinderniss für die Aussendung grünlich-weissen Lichtes bilden kann. So weit wir es absehen können bliebe uns nur der Einwand entgegen zu halten, dass neben dem Sehpurpur ein zweiter durch Licht veränderlicher, farbloser Körper in den Stäbchen praeexistire, der sämmtliche Wandlungen unter gleichen physikalischen und chemischen Einflüssen mit dem Purpur in gleichem Sinne durchlaufe und sich nur an dem Erlöschen seiner Fluorescenz in dem Stadium, wo jener zu Sehgelb wird, durch Annahme des Fluorescenzvermögens zur Zeit, wo das Sehweiss entsteht, zu erkennen gäbe.

Dass diese Fluorescenzerscheinungen von Structurverhältnissen und deren Aenderungen ganz unabhängig sind, lehren einerseits unsere Versuche an der Purpurlösung und falls diese noch nicht für rein genug zu erachten sind, unsere Erfahrung, dass keine Behandlungsweise, welche den Purpur unzersetzt lässt, die Structur dagegen nach allen denkbaren Richtungen verändert, etwas über die Fluorescenz und deren Veränderlichkeit im Lichte vermag. Wir empfehlen zum Belege dessen u. A., die starke Veränderung der Froschnetzhaut, besonders ihrer Stäbchen, in Verwendung zu nehmen, welche Schütteln mit destillirtem Wasser, oder

beliebig wiederholtes Gefrierenlassen bewirken, was im Dunkeln, wie gegentheiligen Angaben gegenüber hervorzuheben leider nöthig ist, keinerlei Aenderung am Sehpurpur erzeugt.

Von der Zersetzung der Stäbchenfarbe und des Sehpurpurs durch spectrale Belichtung.

Frühere Beobachtungen (Heft I pag. 59) hatten die Thatsache ergeben, dass der Sehpurpur nicht wie so viele seither bekannte lichtempfindliche Stoffe durch die violetten und ultravioletten Strahlen am leichtesten zersetzt wird, sondern dass es, in Uebereinstimmung mit unserer subjectiven Empfindung, die gelbgrünen und grünen Strahlen sind, welche am schnellsten eine Umwandlung des Purpurs in die oben beschriebenen Bleichungsstufen bewirken. Da wir nun bei der vorgeschrittenen Jahreszeit häufiger von sonnenhellen Tagen begünstigt waren, so wurden diese Beobachtungen, die damals nur an verhältnissmässig wenigen Versuchen gemacht werden konnten, einer nochmaligen gründlichen Prüfung unterzogen. Aus dem früher beschriebenen Versuche, bei dem eine Reihe von Netzhäuten im objectiven Sonnenspectrum ausgebreitet war, ging hervor, dass bei dem damaligen niederen Sonnenstande, nach 21 Min. in Grüngelb die Bleichung fast vollendet, dass dieselbe nach 45 Min. allmählig bis zum Cyanblau fortgeschritten war und sich etwas mehr nach der Linie D zu ausgebreitet hatte. Es war ferner nach 1 Stunde 43 Min. fast vollständige Ausbleichung von D bis in die Mitte des Violet zu constatiren, während im Roth die Veränderung bis zur Orangefärbung der Netzhaut und im äussersten Violet bis zu einem röthlichen Chamois fortgeschritten war. Auch in den Anfängen des Ultraroth und Ultraviolet waren Spuren der Ausbleichung zu bemerken. Versuche dieser Art wurden von Ende April an, im Mai und im Juni in gleicher Weise mehrfach wiederholt und ergaben ganz das gleiche Resultat, nur dass, dem jetzt hohen Sonnenstande entsprechend, die Ausbleichungszeiten überhaupt viel kürzer gefunden

wurden. Im Grüngelb vor der Linie E war fast direkt nach der Exposition schon eine Veränderung des Farbentons in Brandroth zu bemerken, und nach 3 Min. war dort mitunter schon vollständige Ausbleichung vorhanden. Dieselbe hatte sich in etwa 5 Min. nach der Linie D hin und meist bis über F ausgedehnt, und nach 20 Min. Exposition war häufig von D—G fast vollkommene Ausbleichung zu constatiren, während zu dieser Zeit auch alle übrigen Theile des sichtbaren Spectrums mehr oder weniger deutliche Anfänge des Ausbleichung zeigten. Endlich nach 35—40 Min. begann auch die Ausbleichung in dem zunächstliegenden Ultraroth und Ultraviolet, zu welcher Zeit im sichtbaren Theile des Spectrums vom Grüngelb bis zur Mitte des Violet die Ausbleichung vollkommen, im Gelb und äussersten Violet nahezu vollendet und im Roth bis zur Chamoisfärbung fortgeschritten war.

Zum Belege dieser Beobachtungen theilen wir folgenden Versuch mit, bei welchem die anhaltende Sonne eine ziemlich lange Exposition gestattete.

Versuch 1. Am 27. April wurden 10 Retinae von Dunkelfröschen auf einem Milchglasstreifen dem objectiven Sonnenspectrum exponirt, nachdem wir uns von der gleichmässigen Purpurfarbe derselben überzeugt hatten. Sie waren so im Spectrum vertheilt, dass

1) im Ultraroth,
2) von Roth bis Orange lag,
3) gerade von der Linie D,
4) von E halbirt wurde,
5) mit dem linken nach dem rothen Ende gelegenen Rande die Linie F berührte,
6) im Blau bis G,
7) und 8) zwischen G und H und
9) und 10) im Ultraviolet lagen.

Die Exposition fing an um 11 Uhr 20 Min.

Um 11 Uhr 25 Min. waren 4), 5), $3^1/_2$) fast ausgeblichen, $^1/_2$3) und $^1/_2$6) chamois, die Uebrigen noch purpurn gefärbt.

[Durch die Bezeichnungen $^1/_2$x und $x^1/_2$ sollen die beiden Hälften einer Netzhaut unterschieden werden, wenn in denselben ein verschiedener Grad von Ausbleichung oder verschiedener Färbung bemerkt wurde, und zwar ist unter $^1/_2$x immer die nach dem rothen Ende zu gelegene, unter $x^1/_2$ die nach dem violetten Ende zu gelegene Hälfte zu verstehen.]

Um 11 Uhr 40 Min. waren 4) und 5) ganz ausgebleicht,
3) und 6) fast ausgebleicht,
7), 8), 2) chamois; 7) weiter als 8), dieses weiter als 2) in der Ausbleichung,
1), 9) und 10) noch purpurfarben.

Es bewirkten also alle Theile des sichtbaren Spectrums entweder vollständige Ausbleichung oder die Anfänge davon.

Um 11 Uhr 55 Min. waren 4), 5) ganz ausgeblichen,
3), 6) kaum noch sichtbar gefärbt,
7), 8), 2) hell chamois,
$1^1/_2$) orange, in
9) war der Anfang der Ausbleichung zu bemerken.
$^1/_2$1) und 10) waren noch unverändert.

Um 12 Uhr 15 Min. zeigten sich 4), 5), $3^1/_2$) ganz ausgeblichen; in $^1/_2$3), 6) war kaum noch Färbung zu sehen.
7), 8), 2) sahen sehr hell chamois,
$1^1/_2$) chamois aus, und in
9) war die Ausbleichung deutlicher als vorher, während
$^1/_2$1) und 10) noch unverändert waren.

Es ist also nach 55 Min. von der Linie D bis etwas über

F hinaus die Ausbleichung vollständig, während von D nach dem rothen Ende hin und im Blau und Blauviolet die Abnahme der Ausbleichung beginnt. Im äussersten Ultraviolet und Ultraroth war zu dieser Zeit noch gar keine Ausbleichung zu bemerken.

Um eine andere Art von Vergleichung für die Intensität der Wirkung der einzelnen Theile des Spectrums zu haben, stellten wir Versuche in folgender Weise an: Wir wählten die pag. 153 beschriebene Aufstellung zur Erzeugung des Spectrums und isolirten mittelst des *Helmholtz*'schen Doppelspaltes ein reines Grün und ein reines Blau. Hinter die beiden Spalte stellten wir die halbirten Linsen eines Stereoskops so auf, dass die Brennpunkte der beiden Strahlenbündel, oder richtiger gesagt, die Bilder des grossen oblongen Diaphragmas, das nahe hinter der Linse stand, in eine Ebene fielen. Da die Stereoskoplinsen ziemlich kurze Brennweite hatten, waren die Bilder klein und in Folge davon recht lichtstark. Wir probirten nun, um wie viel weiter man den Spalt im Blau machen musste, um mit beiden Farben gleiche Wirkung zu erzielen. Zuerst hatten wir den Spalt für Grün 2 Mm. und für Blau 3 Mm. weit gewählt und fanden, dass das Grün nach 3 Min. Exposition schon deutlich stärker ausgeblichen hatte als das Blau, in welchem noch kaum eine Veränderung zu bemerken war. Nach 9 Min. war im Grün die Ausbleichung vollendet, während im Blau noch deutliche Färbung vorhanden war. Es war mithin der Spalt im Grün noch viel zu breit und wir mussten die beiden Spaltbreiten so wählen, dass dieselben für Grün 1 Mm. und für Blau 4 Mm. betrugen, um endlich in den beiden Farben gleich schnelle Wirkung zu erzielen. Bei dem letzten Verhältnisse schienen uns dann auch subjectiv die beiden Bilder von gleicher Helligkeit, so weit überhaupt zwischen verschiedenen Farben Vergleichung der Empfindungs-Intensitäten möglich ist, während uns vorher das grüne Bild immer viel heller erschienen war als das blaue.

Diese an Froschnetzhäuten gewonnenen Resultate waren schon

früher durch Versuche mit Kaninchennetzhäuten controlirt und wurden auf's Neue durch Bleichungsversuche an Netzhäuten vom Ochsen im Sonnenspectrum bestätigt. Auch hier war sehr bald Ausbleichung im Gelbgrün zu bemerken, welche sich von da allmählig nach den Enden des Spectrums hin ausdehnte.

Obgleich die Versuche im objectiven Sonnenspectrum unter sich in vollkommener Uebereinstimmung waren und früher Gefundenes auf's Vollkommenste bestätigten, so liess uns doch die Erfahrung, dass die relativen Ausbleichungszeiten unter gefärbten Gläsern und Flüssigkeiten nicht damit übereinstimmten (vergl. Heft I pag. 4 und 70), nach Einwürfen suchen, die gegen die Bleichung im objectiven Sonnenspectrum gemacht werden könnten. Da im Sonnenspectrum, wie wir es durch Zerlegung mit Prismen erhalten, das violette Ende immer ganz bedeutend stärker ausgedehnt ist, als das rothe, so könnte die relativ langsamere Ausbleichung im Blau und Violet im Vergleich zum Grün darin ihren Grund haben, dass Blau und Violet durch die starke Ausdehnung zu viel an Intensität eingebüsst hätten. Der allenfalls hieraus entspringende Fehler wurde umgangen, indem wir das objective Spectrum nicht durch ein Prisma entwarfen, sondern die mit Hülfe eines feinen Gitters erzeugten Interferenzspectren in Anwendung brachten. Professor *Quincke* hatte die Freundlichkeit, uns zu diesem Zwecke ein Silbergitter zu überlassen, welches als galvanoplastischer Abdruck eines äusserst feinen, in Glas geritzten, ausgezeichneten Nobert'schen Gitters gewonnen war. Durch Reflexion des von dem Heliostaten kommenden Strahlenbündels erhielten wir genügend lichtstarke Gitterspectren, deren Intensität sich für Ausbleichungen vollständig ausreichend zeigte. Wir hatten vorher auch Proben mit Russgittern gemacht, fanden aber die mit diesen erhaltenen Spectren zwar sehr rein, aber entweder zu schmal, oder, wenn sie die nöthige Breite hatten, zu lichtschwach, um für unsere Zwecke brauchbar zu sein. Mit Hülfe des Silbergitters erhielten wir nun reflectirte

Spectren (es wurde immer nur das 1ster Ordnung verwendet), bei denen im Gegensatz zu den prismatischen der rothe Theil die grösste Ausdehnung zeigte.

Während bei den mittelst Brechung erzeugten Spectren die Entfernungen von Linie D—F, F—G und G—H untereinander fast vollkommen gleich sind und die Breite vom Anfange des sichtbaren Roth — Linie D etwa $^2/_3$ der Entfernung von D—F beträgt, finden wir im Gitterspectrum die Linien so vertheilt, dass durch D und F das Spectrum in 3 fast ganz gleiche Theile getheilt wird, mithin die Abstände vom Anfang des Roth bis D, D—F und F—H als gleich angesehen werden können. Während also im prismatischen Spectrum das Blau und Violet, von F—H, mehr als die Hälfte des ganzen Spectrums einnehmen, beträgt dieser Theil im Gitterspectrum nur etwa $^1/_3$, und während im letzteren das rothe Ende, vom Anfange bis D, etwa $^1/_3$ des ganzen Spectrums ausmacht, wird dieser Abschnitt im prismatischen Spectrum noch nicht einmal gleich $^1/_4$ des sichtbaren Spectrums befunden. Ebenso ist das Grün im Gitterspectrum verhältnissmässig gedehnter, denn es repräsentirt darin die Strecke von D—F, also wesentlich Grün und Blaugrün, den dritten Theil des Spectrums und sie ist gleich dem ganzen Blau und Violet, gleich F—H; im Prismatischen dagegen hat F—H gerade die doppelte Breite wie D—F.

Diese Gitterspectren wurden nun zu einer neuen Folge von Ausbleichungsversuchen verwendet. Die Versuchsanordnung war entweder so getroffen, dass entsprechend dem mittelst Prisma erzeugten, objectiven Sonnenspectrum, eine Linse in einer Entfernung vom Spalt, die gleich ihrer doppelten Brennweite war, und in halber Brennweite dahinter das Silbergitter aufgestellt wurde, oder, dass das Licht vom Spalt direkt auf das etwa $1^1/_2$ bis 2 Meter entfernte Gitter auffiel, und erst zwischen diesem und dem Schirm die Linse angebracht war. Der Schirm mit den Netzhäuten wurde natürlich in einer Ebene aufgestellt, in der das

Spectrum auf's Deutlichste die *Fraunhofer*'schen Linien zeigte. Ein bei schlechtem Wetter angestellter Versuch schien uns Anfangs ein anderes Resultat, wie die Versuche mit dem prismatischen Spectrum zu geben, denn wir konnten dabei kaum Differenzen in den Ausbleichungszeiten zwischen Grün und Blau constatiren; als jedoch die Versuche mit gutem Lichte mehrfach wiederholt wurden, fanden wir auch hier die gleichen relativen Verhältnisse in der Wirksamkeit der verschiedenen Spectralfarben, wie dies aus den folgenden Versuchen zu ersehen ist.

Versuch 2. Am 18. Juni wurde die erste Art der Aufstellung gewählt und 8 Netzhäute in folgender Weise im Gitterspectrum vertheilt:

1) lag als Controlretina ganz ausserhalb des Spectrums,
2) im Ultraroth:
3) wurde von der Linie C,
4) von D,
5) von E halbirt,
6) wurde von F getroffen,
7) grenzte rechts an H, während
8) ganz im Ultraviolet lag.

Die Exposition begann um 11 Uhr 48 Min.

Um 11 Uhr 52 Min. ist in 5) schon der Beginn der Ausbleichung zu bemerken.

Um 11 Uhr 57 Min. ist 5) dunkel chamois und bei
4$^1/_2$) und 6) Beginn der Ausbleichung zu sehen.

Um 12 Uhr 2 Min. ist 5) hell chamois, so dass es kaum noch grün absorbirt,
4) dunkel chamois, wovon $^1/_2$4) etwas weniger ausgebleicht ist;
6) zeigt sich dunkel chamois und in
$^1/_2$7) ist der Anfang der Ausbleichung zu bemerken.

Um 12 Uhr 9 Min. sah $^1/_2$4) dunkel chamois aus,
4$^1/_2$) war hell chamois,

5) ganz hell chamois,

6) hell chamois;

$^{1}/_{2}$7) war schon chamois gefärbt und in

7$^{1}/_{2}$) der Anfang der Ausbleichung zu erkennen.

Die Uebrigen waren noch nicht verändert.

Bis jetzt waren die Beobachtungen der Ausbleichung im dunklen Zimmer selbst, bei dem Schein eines Zündhölzchens, notirt. Um sicherer zu gehen, wurde

um 12 Uhr 13 Min. die Retina schnell bei gedämpftem Tageslichte betrachtet; die Beobachtung ergab, dass

1), 2), 3) nicht verändert,

$^{1}/_{2}$4) röthlich chamois,

4$^{1}/_{2}$), also von D an, hell chamois war, dass

5) fast ganz ausgeblichen gefunden wurde;

6) sah sehr hell chamois,

$^{1}/_{2}$7) hell chamois,

7$^{1}/_{2}$) hell röthlich chamois aus und in

8) konnte ein Anfang von Ausbleichung bemerkt werden.

Um 12 Uhr 25 Min. wurden die Retinae nach inzwischen fortgesetzter Belichtung im Spectrum nochmals bei Tageslicht betrachtet. Es waren

1), 2), 3) nicht verändert und noch deutlich purpurfarben,

$^{1}/_{2}$4) hell röthlich chamois,

4$^{1}/_{2}$) fast ausgeblichen, bis hell gelb,

5) ganz ausgeblichen, bis auf Spuren von Hellgelb,

6) ganz ausgeblichen, bis auf Spuren von Hellrosa,

$^{1}/_{2}$7) fast gänzlich ausgeblichen, bis zu hellröthlichem Chamois,

7$^{1}/_{2}$) fast ganz ausgeblichen bis zu einem hell röthlichen Scheine;

8) war bis zu röthlichem Chamois verändert.

Die bei diesen Versuchen verhältnissmässig starke Wirkung des äussersten Violet und Ultraviolet war jedenfalls zum Theil darauf zurückzuführen, dass sich bei der gewählten Aufstellung (die Linse stand zwischen Spalt und Gitter) am violetten Spectralende ziemlich viel vom Silbergitter reflectirtes, diffuses weisses Licht befand. Wir wählten daher für den folgenden Versuch die oben beschriebene zweite Art der Aufstellung; d. h. wir liessen das aus dem Spalt am Heliostaten kommende Sonnenlicht direct auf das Silbergitter auffallen und stellten die Linse so auf, dass gerade nur das reflectirte Gitterspectrum 1ster Ordnung darauffiel und in scharfer Zeichnung auf dem Schirm aufgefangen werden konnte. Es gelang uns auf diese Weise ein Spectrum zu erhalten, welches recht frei von diffusem Tageslichte war. Dasselbe war natürlich viel kleiner, als das bei der ersten Aufstellung; es war etwa so gross, dass gerade 3 Froschnetzhäute, bequem neben einander liegend, den sichtbaren Theil desselben deckten.

Versuch 3. Am 19. Juni wurden darin 3 Retinae exponirt und zwar lag 1) im reinen Roth,
2) im Gelbgrün bis Blaugrün und
3) vom Blau bis in's Violet.

Die Exposition begann um 10 Uhr 55 Min.

Um 11 Uhr war 1) noch unverändert,
2) ging in orange über und
3) wurde noch purpurn gefunden.

Um 11 Uhr 5 Min. zeigte sich, am Tageslichte besehen,
1) noch unverändert,
2) mehr ausgeblichen als 3) und zwar
$^1/_2$2) bis gelblich chamois,
2$^1/_2$) bis chamois ausgeblichen;
$^1/_2$3 sah dunkel röthlich chamois und
3$^1/_2$) noch roth aus.

Um 11 Uhr 10 Min. war 1) unverändert,

$^1/_2$2) hell gelblich chamois,
2$^1/_2$) hell chamois,
$^1/_2$3 röthlich chamois und
3$^1/_2$) röthlich gefärbt.

Um 11 Uhr 15 Min. wurden die Netzhäute wieder am Tageslichte besehen; es war in

1) der Anfang der Ausbleichung zu constatiren, aber die Retinafarbe war noch kaum bemerkbar verändert;
$^1/_2$2) war hellgelblich,
2$^1/_2$) hell chamois,
$^1/_2$3) hell röthlich chamois und
3$^1/_2$) hell röthlich gefärbt.

Wir sehen also auch hier durch die Versuche mit den Gitterspectren die Resultate, die wir mit den durch Prismen erhaltenen Spectren gewonnen hatten, vollkommen bestätigt, obgleich die relative Breite der Farben eine ganz andere war. Auch hier begann die Ausbleichung in der Gegend der Linie E und war da am schnellsten vollendet, breitete sich von da über Blaugrün, Grünblau, in Indig aus, erstreckte sich dann über Violet, Gelb und Orange, um zuletzt im Roth und Ultraviolet und am schwächsten im äussersten Roth und Ultraroth bemerkbar zu werden. —

Bei diesen Versuchen über Ausbleichung des Sehpurpurs zeigte sich nun aber bei genauerer Betrachtung neben der nun sicher constatirten Differenz in den Ausbleichungszeiten verschiedener Spectralfarben, noch eine andere für die verschiedene Wirkungsweise der Farben nicht weniger wichtige Erscheinung. Es waren nämlich, selbst wenn im grössten Theile des Spectrums die Ausbleichung als fast vollkommen angesehen werden konnte, so dass man nicht mehr gut sagen konnte, ob z. B. im Grünblau die Ausbleichung weiter fortgeschritten sei, als im Anfang des Violet, doch noch Unterschiede zu erkennen, und zwar Un-

terschiede in der Nuance der geringen Reste von Färbung, die noch in den fast ausgeblichenen Netzhäuten vorhanden war. Während in den mittleren Theilen des Spectrums die Ausbleichung sehr leicht bis zu einem sehr hellen Gelb gebracht werden konnte, sahen wir am violetten Ende niemals diesen Farbenton auftreten, sondern als letzten Ueberrest von Netzhautfarbe immer nur ein ganz helles, röthliches Chamois oder meistens eine helle Rosenfarbe zurückbleiben. Es kann sogar vorkommen, dass bei sehr langer Exposition im Grün an den Netzhäuten noch Spuren von Gelb zu erkennen sind, wenn im Indig und Violet gar nichts mehr von Färbung zu bemerken ist, so dass also schliesslich hier die Ausbleichung weiter fortgeschritten ist, als im Grün, von dem wir doch wissen, dass es den Purpur entschieden viel schneller zersetzt, als die Strahlen des violetten Endes. Es lässt sich dieses Verhalten nur erklären, wenn wir annehmen, dass die mittleren Theile des Spectrums den Purpur zwar sehr viel schneller zersetzen, dass aber die schnelle Zersetzung sich nur auf die Umwandlung von Sehpurpur in Sehgelb bezieht, während der weitere Uebergang von Sehgelb in Sehweiss dann viel langsamer erfolgt; dass dagegen im Violet die Umsetzung des Purpurs in Sehgelb sehr langsam geschieht, aber einmal gebildetes Sehgelb dann um so schneller in Sehweiss übergeführt wird. So erklärt es sich leicht, dass die Farbe der im Violet ausbleichenden Retina zwar allmählig heller wird, aber selbst gegen das Ende des Versuches hin immer noch deutlich unveränderten Purpur erkennen lässt, denn dieser kann nicht durch gleichzeitig vorhandenes Sehgelb zu Chamois verdeckt werden. (Vergl. Heft I. S. 59).

Zur ganz sicheren Feststellung der letzt beschriebenen Verhältnisse, die als neuer Beweis für die oben aufgestellten Bleichungsstufen, Sehpurpur, Sehgelb, Sehweiss dienen mussten, wurden die Ausbleichungsversuche auf's Mannigfaltigste variirt. Gleichzeitig sollte dabei der endgültige Entscheid ge-

liefert werden über die relativ verschiedenen Ausbleichungszeiten in den Farben ungleicher Wellenlänge.

Zunächst wurden die Ausbleichungszeiten und Bleichungsstufen bestimmt mit Hülfe der Methode, die sich oben (pag. 151) für die Analyse der Retinafarbe und zur Untersuchung von Farben überhaupt als fruchtbar erwiesen hatte, indem wir nur zwei Farben aus dem Spectrum herausgriffen und auf die oben (Fig. 2) näher erörterte Weise so zur partiellen Deckung brachten, dass immer 3 Retinae gleichzeitig der Ausbleichung unterworfen werden konnten: zwei in den beiden reinen Spectralfarben und eine in deren Mischfarbe, respective dem combinirten Weiss.

Versuch 4. Weiss wurde zuerst combinirt aus Grüngelb und Blauviolet und von 3 Netzhäuten von Dunkelfröschen 1) in Grünlichgelb, 2) in Weiss und 3) in das Violet gelegt. Um 10 Uhr 35 Min. am 8. Juni wurde die Exposition begonnen.

Nach 5 Min. waren 1) und 2) etwas angebleicht, gleich in der Färbung, aber noch roth;
3) war noch unverändert.

Nach 10 Min. waren 1) und 2) chamois,
3) noch schön roth gefärbt.

Nach 15 Min. erschienen 1) und 2) hell chamois,
3) dunkel röthlich chamois.

Nach 23 Min. sahen 1) und 2) sehr hell chamois,
3) röthlich chamois aus.

Nach 30 Min. waren 1) und 2) fast vollständig ausgeblichen, während
3) noch deutlich röthlich chamois gefärbt war.

Versuch 5. Am 8. Juni combinirten wir Weiss aus Gelb (nach Orange hin gelegen) und Blau, und exponirten um 11 Uhr 35 Min. 3 Retinae: 1) im Gelb, 2) im Weiss, 3) im Blau.

Nach 5 Min. war 1) noch unverändert;

2) und 3) zeigten beginnende Ausbleichung bis Dunkelorange.

Nach 12 Min. hatte in 1) die Ausbleichung angefangen und war in 2) und 3) bis zu Dunkelchamois vorgeschritten.

Nach 18 Min. waren alle 3 Netzhäute bis Chamois ausgeblichen. Sie zeigten keine grossen Unterschiede in der Färbung, jedoch war 1) am wenigsten, 2) am meisten ausgeblichen.

Versuch 6. Als drittes Farbenpaar zur Combination von Weiss wählten wir Orangeroth und Grünblau und exponirten am 12. Juni um 10 Uhr 35 Min. 3 Netzhäute, 1) in Orange, 2) in Weiss und 3) in Grünblau.

Nach 5 Min. war in allen Dreien schon ein Beginn der Bleichung zu bemerken, aber deutliche Unterschiede zeigten sich erst

nach 10 Min. Es war dann 1) zwar angebleicht, aber noch roth und 2) und 3) chamois gefärbt, aber 3) etwas dunkler als 2).

Nach 15 Min. zeigte 1) Chamois-Färbung,
2) war fast ausgebleicht und
3) nur noch hell chamois gefärbt.

Nach 20 Min. war 1) noch heller chamois als vorher und
2) fast vollkommen ausgeblichen; die Retina zeigte nur noch Spuren einer sehr hellgelblichen Chamoisfärbung und auch
3) war schon bis zu einem sehr hellen Chamois verändert.

Versuch 7. Endlich wurde Weiss noch aus Roth und Blaugrün zusammengesetzt, und am 11. Juni um 10 Uhr 28 Min. mit der Exposition dreier Retinae begonnen. 1) lag im Roth, 2) im Weiss und 3) im Blaugrün.

Nach 3 Min. war 1) noch kaum bemerkbar verändert, als

2) und 3 schon merklich bis dunkelchamois ausgeblichen waren und

nach 12 Min., als 1) immer noch brandroth gefärbt war, zeigte sich

2) schon fast ausgeblichen, nur noch sehr hellgelblich gefärbt, und auch in

3) war die Ausbleichung bis hellchamois fortgeschritten.

Bei diesen Versuchen tritt nun im Vergleiche mit den Ausbleichungsversuchen im Spectrum das Uebergewicht von Gründgelb bis Cyanblau über das violette und rothe Ende, in Betreff der bleichenden Wirkung auf Sehpurpur noch bei weitem schlagender hervor. Dort konnten die Unterschiede nicht so auffallend sein, da alle Uebergangsstufen dazwischen lagen, während hier die Retinae, die der Einwirkung verschiedenfarbigen Lichtes ausgesetzt waren, direkt neben einander beobachtet werden konnten.

So sehen wir zum Beispiel im Versuch 7 im Grün schon eine Ausbleichung bis hellchamois, während die Retina, die im Roth lag, noch kaum verändert ist; wir sehen bei Versuch 4 im Grüngelb schon die Chamois-Nüance auftreten, zu einer Zeit, wo im Violet noch schön rothe Färbung vorhanden ist.

Schon geringer sind die Unterschiede zwischen den Wirkungen von Cyanblau und Orange, aber in Versuch 6 war doch noch sehr deutlich ein Ueberwiegen des ersteren zu constatiren. Noch kleiner werden die Differenzen in Versuch 5, bei dem reines Gelb und Blau in ihrer bleichenden Wirkung verglichen wurden. Es konnte aber auch hier noch deutlich eine etwas schnellere Ausbleichung im Blau beobachtet werden. Was nun die Ausbleichung im combinirten Weiss betrifft, so finden wir darin fast immer eine etwas grössere Wirkung, als in den beiden Einzelfarben; es haben sich offenbar die Wirkungen der beiden Componenten summirt. Da aber meistens eine sehr schwach wirkende, mit einer sehr stark bleichenden Farbe combinirt war, so konnte selbst-

verständlich die Differenz zu Gunsten des Weiss über die stark bleichende Componente nur eine sehr geringe sein. — Dass die ausbleichende Wirkung der Mischfarbe einfach entsteht durch Summirung der bleichenden Kräfte der Einzelfarben, zeigte sich auch bei Versuchen mit Farbencombinationen, die bei ihrer Vereinigung andre Farben als Weiss gaben. Unser nächstes Streben ging dahin, die Farbe der Netzhaut selbst möglichst genau aus Roth und Violet zu mischen und die Wirkung des so erhaltenen Purpurlichtes auf die Netzhaut zu untersuchen, da man nicht wissen konnte, ob nicht gerade für Purpur vielleicht Abweichungen von der oben angegebenen Regel bestanden.

Versuch 8. Ein solcher Purpur, der möglichst der Farbe der unveränderten Retina entsprach, wurde in gleicher Weise wie die verschiedenen Weiss durch partielle Deckung von Roth und Violet erzeugt und von 3 Netzhäuten um 11 Uhr 45 Min. am 11. Juni 1) in Roth, 2) in den Purpur und 3) in das Violet gelegt. Für diesen Versuch nahmen wir die Abschnitte aus dem Spectrum, die zur Combination verwendet werden sollten, etwas breiter, als in den vorhergehenden, um bei den zwei besonders schwach wirkenden Componenten keine allzulange Exposition nöthig zu haben.

Nach 5 Min. zeigte sich in allen 3 Netzhäuten eine ganz schwache Ausbleichung, die in 2) etwas deutlicher war, als in 1) und 3).

Nach 15 Min. war die Ausbleichung bei allen deutlich zu bemerken, aber überhaupt noch sehr schwach. In 2) war sie am besten zu erkennen; 1) zeigte die geringste Veränderung.

Wir haben also, unserer Voraussetzung entsprechend, trotz der sehr intensiv leuchtenden Farbe des Purpurs, nur eine verhältnissmässig sehr schwache Wirkung erreicht. Es war dies leicht verständlich, da wir es mit der Combination derjenigen Farbentöne zu thun hatten, die erfahrungsgemäss am schwächsten eine Zersetzung des Sehpurpurs einleiten; dennoch war auch hier

die Bleichung im Purpurlichte etwas weiter fortgeschritten als im Roth und Violet für sich; die Wirkung war etwa gleich der Summe der Wirkungen der beiden letzteren.

Als Bestätigung dieser letzten Beobachtung können wir noch einen Versuch anführen, der, auf ganz andre Weise angestellt, das gleiche Resultat gab.

Versuch 9. Wir entwarfen mittelst eines Quarzprismas, dessen optische Axe mit der Prismenaxe zusammenfiel, ein Doppelspectrum. Darin waren die beiden Spectren, die dasselbe zusammensetzten, so übereinander geschoben, dass das violette Ende des einen gerade vom rothen des andern gedeckt wurde. Wir hatten also zwei Spectren, eines von Roth bis Blau, das andere von Gelb bis Violet, und die Mitte zwischen beiden durch Purpur ausgefüllt. Der Raum, den das Doppelspectrum einnahm, konnte gerade von einer grossen Ochsenretina gedeckt werden, welche darin der Einwirkung des Lichtes 20 Min. lang ausgesetzt wurde. Als wir die Retina darauf am Tageslichte besahen, war sie am meisten ausgebleicht im Gelbgrün und Grün der beiden Spectren, gar nicht oder kaum im Roth des einen und im Violet des andern, während in dem durch Deckung des Roth und Violet erhaltenen Purpur deutlich ein Anfang der Ausbleichung zu bemerken war. Dieser Versuch ergab mithin ein Resultat, welches mit dem oben erhaltenen in vollkommenster Uebereinstimmung war.

War nun unsere Ansicht richtig, dass die Wirkung der Mischfarben auf den Sehpurpur sich einfach aus den Wirkungen der Einzelfarben zusammensetze, wie wir dies aus den Bleichungsversuchen in den verschiedenen Weiss und im Purpur schliessen konnten, so musste es auch gelingen, einzelne Farben durch Mischung herzustellen, die im Farbenton mit gewissen reinen Spectralfarben übereinstimmten, die sich aber wesentlich verschieden von diesen verhielten, wenn man sie auf ihre zersetzende Wirkung des Sehpurpurs prüfte. Es gelang uns zunächst ein

Gelbgrün darzustellen, welches etwa einer Stelle im Spectrum entsprach, die in der Mitte zwischen den beiden Linien D und E lag; wir erhielten es durch Mischung aus Roth mit einem ziemlich reinen Grün, welches zwischen der Linie E und dem Blaugrün lag, das wir verwenden mussten, um mit Roth Weiss zu erhalten. Wir hatten also eine Mischfarbe, welche dem Farbentone nach einer der stärkst wirkenden Spectralfarben entsprach, aber zusammengesetzt war aus dem kaum wirksamen Roth und einem Grün, welches schon schwächer wirkte, als das der Mischfarbe entsprechende spectrale Gelbgrün. Wir mussten deshalb erwarten, dass das gemischte Gelbgrün eine schwächere Wirkung ausüben würde, als das entsprechende spectrale Gelbgrün allein. Es wurden zwei Bleichungsversuche gemacht: einer mit dem gemischten Gelbgrün, genau so angestellt wie die früheren, durch partielle Deckung, und ein Parallelversuch mit dem entsprechenden Gelbgrün des Spectrums, das natürlich durch eine ebensolche Linse und ebenso wie die Mischfarben mit Hülfe eines kleinen rechtwinkeligen Prismas nach abwärts projicirt wurde und zwar auf die gleiche Ebene, in der die Bilder der Mischfarben aufgefangen wurden. Der besseren Vergleichung wegen seien die beiden Versuche hier direct nebeneinander gestellt:

	Versuch 10.	Versuch 11.
	Am 12. Juni um 11 Uhr 5 Min. wurden in einem aus Roth und Grün gemischten Gelbgrün 3 Retinae so exponirt, dass 1) im Roth, 2) im Gelbgrün und 3) im Grün lag.	Am 14. Juni wurde ein entsprechendes spectrales Gelbgrün dargestellt und darin um 11 Uhr 5 Min. eine Retina exponirt.
Nach 1 Min.	. . . .	ist der Purpur schon in Brandroth übergegangen.
Nach 5 Min.	ist 1) noch unverändert roth und in 2) und 3) die Ausbleichung deutlich bemerkbar, bis dunkelchamois fortgeschritten.	

	Versuch 10.	Versuch 11.
Nach 6 Min.	. . . .	ist die Retina schon bis gelblich chamois und
Nach 10 Min.	zeigte sich 1) noch ganz roth, 2) hellchamois u. 3) chamois gefärbt.	bis hellgelblich chamois ausgebleicht.
Nach 13 Min.	. . . .	Die Retina ist nur noch sehr blass, sehr hellgelblich chamois gefärbt. (Sie ist soweit ausgeblichen wie 2 im Versuch 10 nach 20 Min.)
Nach 20 Min.	war 1) noch ganz roth, 2) und 3) bis sehr hellgelblich Chamois ausgeblichen, und zwar 2) noch etwas gelblicher als 3).	
Nach 30 Min.	endlich war 1) noch roth, während 2) und 3) vollständig ausgeblichen waren.	

Das Sonnenlicht schien in beiden Versuchen gleich intensiv.

Das entsprechende Resultat, aber in umgekehrter Richtung, erzielten wir durch Vergleichung eines gemischten Blau, das wir aus Grün, also einer stark wirkenden Farbe, und Violet erhielten, mit einem spectralen Blau, das den gleichen Farbenton und für unsere Empfindung auch etwa gleiche Helligkeit zeigte, das der Erfahrung nach aber, die wir über die Ausbleichungszeiten im Spectrum gewonnen hatten, weniger schnell, als das zur Combination verwendete Grün wirken musste. Die beiden entsprechenden Versuche fielen folgender Art aus:

	Versuch 12.	Versuch 13.
	Am 13. Juni wurden in dem aus Grün und Violet gemischten Blau um 11 Uhr 40 Min. 3 Netzhäute exponirt. 1) lag im Grün, 2) im Blau, 3) im Violet.	Um 10 Uhr 45 Min. am 14. Juni, wurde eine Retina in ein entsprechendes spectrales Blau gelegt.

	Versuch 12.	Versuch 13.
Nach 2 Min.	war in 1) und 2) schon Ausbleichung zu bemerken, die Farbe aber noch roth, 3) war noch unverändert.	
Nach 5 Min.	. . . .	war der Beginn der Ausbleichung zu bemerken.
Nach 7 Min.	als 1) und 2) bis hellchamois ausgeblichen waren, zeigte sich 3) noch roth.	
Nach 10 Min.	. . . .	war die Netzhaut dunkelchamois.
Nach 13 Min.	war 1) und 2) bis hellgelblich ausgeblichen, dagegen 3) noch roth gefärbt, wenn auch blasser als vorher.	
Nach 15 Min.	. . . .	war die Ausbleichung bis chamois,
Nach 20 Min.	. . . .	bis hell chamois,
Nach 25 Min.	. . . .	bis hellröthlich-chamois fortgeschritten und in der Helligkeit etwa 2) bei Versuch 12 nach 13 Min. Exposition entsprechend.
Nach 30 Min.	. . . .	war endlich die Retina sehr blass geworden, aber ein röthliches Chamois immer noch zu erkennen.

Wir konnten also durch Combination zweier Farben einerseits Gelbgrün erhalten, welches schwächer als ein entsprechendes spectrales Gelbgrün wirkte, und konnten andererseits ein Blau mischen, durch welches wir stärkere Ausbleichung, als durch einen der Farbe nach entsprechenden Ausschnitt des Spectrums, hervorbringen konnten. Wir fanden darin eine neue Bestätigung

unserer Ansicht, dass die Wirkung einer gemischten Farbe auf den Sehpurpur nur abhängig ist von der Summe der Wirkungen der Spectralfarben, welche sie zusammensetzen.

In Folge dieser letzten Versuche mussten wir erwarten, auch gewisse Differenzen der Ausbleichung zu finden, wenn wir einmal das ganze zu Weiss vereinigte Spectrum, und dann das vereinigte Spectrum, aus dem gewisse Theile abgeblendet wurden, auf Froschretinae einwirken liessen. Wir führten zu dem Ende die folgende Versuchsreihe aus:

Versuch 14. Wir entwarfen ein kleines Spectrum durch ein weit vom Spalt aufgestelltes Prisma und eine dahinter befindliche Linse, zwischen welchen sich ein grosses Diaphragma von oblonger Gestalt befand, ähnlich wie wir es bei der Versuchsanordnung pag. 152 u. 153 gemacht hatten. Das so erhaltene kleine Spectrum vereinigten wir durch eine grosse Linse von kurzer Brennweite, so dass wir ein sehr scharfes, blendend weisses, kleines Bild des Diaphragmas erhielten. Wir nahmen dann durch Vorsetzen von Pappstreifen nach einander verschiedene Farben aus dem Spectrum weg, vereinigten den Rest desselben und erhielten so ein Vereinigungsbild, das in der komplementären Farbe des fehlenden Abschnittes, freilich mit viel Weiss gemischt, erschien. Wir exponirten je eine Retina, 1) im weissen Bilde, durch Vereinigung des ganzen Spectrums, eine 2te im vereinigten Spectrum ohne Roth, also in einem bläulichgrünen Weiss, eine 3te in einem ohne Grün, also in weisslichem Purpur, und eine 4te in dem zu einem weisslichen Gelb vereinigten Spectrum, aus dem das Blau abgeblendet war. Es wurde jede Retina 2 Min. exponirt und wir erhielten Nr. 1), 2) und 4) ziemlich gleich gefärbt, in mässig hellem Chamois, jedoch 1) etwas heller als 2) und 4); die 3te Retina, die in dem Bilde lag, bei dem die stärkst wirkenden, die grünen Strahlen fehlten, war deutlich weniger ausgeblichen, als 1), 2) und 4). Es war dies mithin ganz das Resultat, welches wir unsern Voraussetzungen nach erwarteten.

Die stärkere Einwirkung der Mischfarbe, als der Componenten, wie sie aus den seither beschriebenen Versuchen hervorgeht, ist leicht zu verstehen, da wir es einmal gewissermaassen mit einer Verdoppelung der Intensität zu thun hatten, andererseits aber auch deshalb eine verstärkte Wirkung erreichen mussten, weil ja, wie wir schon oben mehrfach hervorgehoben haben, gewisse Farben schneller auf Sehpurpur wirken, als auf Sehgelb, andere dagegen umgekehrt. Wenn demnach zwei solcher Farben zusammenwirkten, so musste schon durch dieses Moment allein eine stärkere Wirkung der Mischfarbe resultiren. Um nun die Summirung der Intensitäten auszuschliessen, construirten wir einen Apparat, der es erlaubte, die beiden Farben des Spectrums in der Art wirken zu lassen, wie dies bei dem Farbenkreisel geschieht, indem wir die beiden Farben nicht zu gleicher Zeit, sondern in schnellem Wechsel hintereinander auf die zu bleichenden Retinae auffallen liessen. Wir wählten dazu die Aufstellung der Apparate, wie wir sie angewandt hatten, um die verschiedenen Combinationen des Weiss herzustellen, liessen jedoch die beiden Farbenbilder durch die kleinen rechtwinkeligen Prismen so nach abwärts reflectiren, dass die Deckung derselben nicht wie dort, in der Art der Fig. 2, sondern wie Fig. 1, pag. 153, zu Stande kam. Ferner construirten wir eine kreisförmige, schwarze Pappscheibe, die an ihrer Peripherie mit Zähnen versehen war, und befestigten dieselbe an einem Uhrwerk, wie es benutzt wird, um Farbenscheiben in rasche Rotation zu versetzen. Das Uhrwerk mit der Zahnscheibe wurde so aufgestellt, dass die Axe der Scheibe vertikal stand und die Scheibe direkt unter die kleinen Prismen zu liegen kam, und zwar so, dass ihr gezahnter Rand gerade die Hälfte der nach unten gekehrten Flächen der Prismen bedeckte. Es war mithin die eine Hälfte eines jeden Farbenbildes durch den Rand der Zahnscheibe bedeckt, während die andere Hälfte frei nach unten reflectirt wurde. Die Breite der Zähne wurde genau so gewählt,

dass gerade die eine Farbe verdeckt wurde, während die andere frei blieb und umgekehrt, so dass in einem bestimmten Momente immer nur eine Farbe abwärts die Fläche beleuchtete. Wir hatten daher auf Fig. 1 (pag. 153) bezogen, für die obere Hälfte die Versuchsanordnung wie früher, eine einfache Summirung der Farben, während für die untere Hälfte, über welcher die Zahnscheibe lief, die Verhältnisse des Farbenkreisels vorlagen, indem nämlich die Farben nicht zu gleicher Zeit zusammen, sondern in schneller Folge hinter einander, einzeln, zur Wirkung kamen.

Versuch 15. In dieser Versuchsanordnung stellten wir zunächst wieder ein Weiss dar, welches aus Violet und Gelbgrün zusammengesetzt war, und präparirten 4 Froschnetzhäute, welche auf die sich partiell deckenden Farbenbilder so vertheilt wurden, dass 1) und 2) in den Abschnitt zu liegen kamen, welcher nicht von der Zahnscheibe beschattet wurde, und zwar so, dass 1) im Weiss und 2) im Gelbgrün lagen. 3) und 4) exponirten wir in dem Theile, über welchem sich die Zahnscheibe in schneller Rotation befand. Es lag 3) im Weiss und 4) im Gelbgrün. Nachdem das Licht 8 Min. eingewirkt hatte, wurde 1) und 2) mit einem dunkeln Deckel bedeckt und 3) und 4) allein noch 8 Min. weiter exponirt; dann wurden die Retinae bei gedämpftem Tageslichte besehen. 1), 3), 2), 4) waren in abnehmender Reihe ausgeblichen, zwischen 1) und 3) und zwischen 2) und 4) jedoch kaum Unterschiede zu bemerken. Am meisten Sehgelb enthielten 4) und 2) und zwar 4) etwas mehr als 2), während 1) und 3) davon noch am wenigsten zeigten. Es war in den letzteren das vom Gelbgrün gebildete Sehgelb durch das Violet immer schnell in Sehweiss verwandelt worden, und da wir dies auch bei 3) sahen, so müssen wir schliessen, dass die schnellere Ausbleichung in den Mischfarben nicht allein durch Summirung der Intensitäten bedingt wird, die wir ja bei 3) ausgeschlossen hatten, sondern ganz wesentlich abhängt von der verschiedenen Wirkung,

welche die einzelnen Farben auf die 2 Bleichungsobjecte Sehpurpur und Sehgelb ausüben.

Ein anderer Versuch wurde in gleicher Weise mit einem Weiss angestellt, welches aus Roth und Blaugrün gemischt war.

Versuch 16. Um 10 Uhr 58 Min. wurden 6 Retinae exponirt und so vertheilt, dass 1), 2), 3) im direct reflectirten Theile und 4), 5), 6) in demjenigen lagen, der von der rotirenden Zahnscheibe beschattet war. 1) und 4) lagen im Roth, 2) und 5) im Weiss und 3) und 6) im Blaugrün.

Um 11 Uhr 4 Min. sind	2), 3), 5), 6) dunkel chamois und gleich gefärbt,
	1) und 4) kaum verändert.
Um 11 Uhr 12 Min. waren	2) und 3) chamois und
	5) und 6) ebenfalls chamois, aber etwas dunkler als 2) und 3),
	1) und 4) dagegen noch roth.
Um 11 Uhr 20 Min. zeigten sich	2) und 3) hell chamois, aber gleich gefärbt und
	5) und 6) auch hell chamois, untereinander gleich, aber etwas dunkler als 2) und 3).
	1) und 4) waren noch deutlich roth, wenn auch etwas heller als vorher.
Um 11 Uhr 30 Min. waren	2) und 3) bis zu einem sehr hellen Chamois ausgeblichen, und gleich an Farbe.
	5) und 6) zeigten bei gleicher Färbung auch nur noch ein hellstes Chamois, das aber etwas dunkler war als 2) und 3).

1) und 4) waren immer noch sehr schön roth, wenn auch heller als im Anfange des Versuchs.

Da wir hier bei 1) und 4) im Roth kaum eine Veränderung, bei 2) und 3) und bei 5) und 6) je gleiche Wirkung, aber in 5) und 6) etwas schwächere als in 2) und 3) beobachteten, so könnte man meinen, dass durch diesen Versuch eher das Gegentheil als im Vorhergehenden bewiesen sei, da ja kein Unterschied zwischen 5) und 6) gefunden wurde. Aber wir haben es hier nicht mit zwei Farben zu thun, die wie Grüngelb und Violet so verschiedene Wirkung auf Sehpurpur und Sehgelb zeigen, sondern wir verwendeten nur eine Farbe, das Blaugrün, welches schnell Sehpurpur in Sehgelb verwandelt, combinirt mit dem äussersten Roth, das auf den Sehpurpur überhaupt kaum wirkt und auch auf Sehgelb keine erhebliche Wirkung ausübt.

Im Gegensatze zu der verbreiteten Ansicht, dass das durch Combination aus 2 Complementären gebildete Weiss dunkler erscheine als die Componenten, müssen wir nochmals (vergl. S. 153) hervorheben, dass nicht allein das auf die verschiedenste Weise aus zwei Spectralfarben direkt gemischte, sondern auch das unter der rotirenden Zahnscheibe entstandene, objectiv nicht intensivere Weiss uns entschieden immer heller vorkam, als die beiden Componenten. Es wurde dies vielfach von uns bemerkt und von einer ganzen Anzahl andrer, vollständig unbefangener Beobachter soweit bestätigt, als überhaupt von einer Abschätzung derartig verschiedener Empfindungen die Rede sein konnte.

Wir haben bei den seither beschriebenen Versuchen vielfach darauf aufmerksam gemacht, dass, abgesehen von der zeitlich verschiedenen bleichenden Wirkung, noch andere Unterschiede die Wirkung der einzelnen Farben auszeichnen, dass nämlich die mittleren Theile des Spectrums schneller eine Umwandlung des

Sehpurpurs in Sehgelb zu Stande bringen, ihre Wirkung auf Sehgelb dagegen viel schwächer ist als diejenige des blauen und violetten Endes, welche letzteren Farben umgekehrt den Sehpurpur langsamer angreifen, aber einmal gebildetes Sehgelb dann leicht in Sehweiss verwandeln.

Werfen wir zum Belege dieser Ansicht noch einmal einen Blick auf einige der bis jetzt beschriebenen Versuche, so finden wir am Ende von Versuch **2** die Ausbleichung im Orange bis röthlich chamois, in der Mitte des Spectrums, also im Gelbgrün, Grün und Blaugrün bis zu hellgelb fortgeschritten, und am violetten Ende die Retinae bis zu einem hell röthlichen Chamois und hellen Rosa ausgeblichen. In Versuch **3** ist die Retinafarbe gegen Ende der Exposition, im Gelbgrün bis hell gelblich, im Blaugrün bis hell chamois, im Blau bis hell röthlich chamois und im Blauviolet bis hell röthlich verändert und bei Versuch **4** ist im Grüngelb Ausbleichung bis hell chamois beobachtet zu einer Zeit als im Violet die Retina noch röthlich chamois befunden wurde. Die Parallelversuche **12** und **13** endlich ergaben, dass bei Versuch **12** im Grün die Ausbleichung bis hell gelblich gekommen ist, während bei **13** im Blau noch ein hell röthliches Chamois erhalten bleibt. Auf dieselben Verhältnisse wurde in Versuch **15** schon direct hingewiesen, und es lag nahe, die dort zur Anwendung gekommene Methode, dass man verschiedene Farben hinter einander auf die Netzhaut einwirken liess, in einfacherer Weise auch für unsere Frage zu verwerthen. Wir stellten desshalb eine Reihe von Versuchen in der Art an, dass wir die Netzhäute erst eine Zeit lang einer bestimmten Farbe des Spectrums exponirten, um dann die Ausbleichung in einer anderen weiter zu führen.

Nachdem uns verschiedene dahin gehende Versuche, die bei Gelegenheit anderer angestellt waren, keine befriedigenden Resultate gegeben hatten, kamen wir später durch folgende Versuchsanordnung zum Ziele.

Wir entwarfen in der schon mehrfach erwähnten Weise ein kleines Spectrum auf einem Holzschirm nnd befestigten darauf mit Reissnägeln einen Milchglasstreifen so, dass dessen oberer Rand gerade das Spectrum halbirte. Auf diesen Streifen wurden diejenigen Netzhäute gelegt, die zur Controle während der ganzen Dauer des Versuchs in der gleichen Farbe exponirt bleiben sollten, während wir die Retinae, welche wir während des Versuchs in andere Farben überführen wollten, an die unteren Ränder kleiner Milchglasplättchen klebten. Diese waren mit Klemmpincetten so am Holzschirm befestigt, dass die auf ihnen befindlichen Netzhäute, genau über denjenigen auf dem Milchglasstreifen, in der oberen Hälfte des Spectrums exponirt werden konnten.

Versuch 17. Wir legten von 4 Netzhäuten 1) und 2) übereinander so in Rothorange bis Grüngelb, dass dieselben gerade von D halbirt wurden, und 3) und 4) in Blauviolet in die Gegend der Linie G. 2) und 4) lagen am oberen Rande des Milchglasstreifens, 1) und 2) auf den beweglichen kleinen Plättchen. Um 10 Uhr 35 Min. begann die Exposition, und um 10 Uhr 39 Min. wurde Nr. 1) mit Nr. 3) getauscht, dann nochmals exponirt und um 10 Uhr 44 Min. am Tageslichte besehen. Im Grade der Ausbleichung waren keine grossen Unterschiede zu bemerken, dagegen deutliche Farbenunterschiede erkennbar. Es war

$^1/_2 2$ röthlich chamois,
$2^1/_2$ gelb chamois,
$^1/_2 4$ gelblich chamois,
$4^1/_2$ röthlich chamois gefärbt.

Die gewechselten $^1/_2 3$ und $3^1/_2$ zeigten ein gelbes Chamois und $^1/_2 1$ und $1^1/_2$ ein gelbliches Chamois, mit etwas mehr roth darin, als $^1/_2 3$ und $3^1/_2$.

Versuch 18 wurde gerade so angestellt, wie der vorige, nur kamen 1) und 2) in Rothorange bis Grüngelb, von D halbirt, 3) und 4) in Blau zwischen F und G. Um 11 Uhr 6 Min.

wurde exponirt bis 11 Uhr 11 Min., dann 1) und 3) gewechselt und um 11 Uhr 13 Min. wieder exponirt bis 11 Uhr 18 Min. Darauf bei gedämpftem Tageslichte besehen, zeigte sich:

$^1/_2$2 röthlich chamois,
2$^1/_2$ gelblich chamois,
$^1/_2$4 gelblich chamois,
4$^1/_2$ röthlich chamois, während

die gewechselten: $^1/_2$3 gelblich chamois,
3$^1/_2$ röthlich chamois, heller als 4$^1/_2$ und
$^1/_2$1 und 1$^1/_2$ chamois gefärbt waren.

Es wurde nochmals exponirt bis 11 Uhr 27 Min.; die Retinafarben waren:

$^1/_2$2 hellrosa,
2$^1/_2$ hellgelb,
$^1/_2$4 hellstes Chamois,
4$^1/_2$ hell Chamois,
$^1/_2$3 hell gelblich chamois,
3$^1/_2$ fast ganz weiss,
$^1/_2$1 fast ganz weiss, sehr hell chamois und
1$^1/_2$ hell chamois.

Versuch 19. Die Anordnung war wie vorher. 1) und 2) lagen im Gelb bis Gelbgrün von D an, 3) und 4) im Blau.

Um 12 Uhr 3 Min. begann die Exposition.

Um 12 Uhr 10 Min. zeigten

1) und 2) ein sehr hellgelbliches Chamois und
3) und 4) ein sehr hell röthliches Chamois.

Es wurden nun 1) und 3) gewechselt und um 12 Uhr 12 Min. wieder exponirt. Um 12 Uhr 17 Min., bei Tageslicht besehen, zeigte:

3) hellstes röthliches Chamois,
2) enthielt noch am meisten Gelb;

1) war bis zum hellsten röthlichen Chamois ausgebleicht und

4) zeigte ein sehr helles röthliches Chamois.

Zwischen 1) und 3) war kein Unterschied zu bemerken; 4) war etwas dunkler als 1) und 3).

Aus dieser Reihe von Versuchen scheint uns auf's Deutlichste hervorzugehen, dass die Retina schneller ausgebleicht werden kann, wenn hintereinander 2 verschiedene Farben einwirken, selbst schneller als in den Theilen des Spectrums, die erfahrungsgemäss die kräftigste Wirkung auf die Retinafarbe ausüben. Es trat diese schnellere Wirkung hauptsächlich dann auf, wenn die Retina erst aus mittleren Spectralabschnitten in den violetten Theil übergeführt wurde. Wir erklären diese Thatsachen, in Uebereinstimmung mit früher gemachten Beobachtungen, daraus, dass die grüngelben bis blaugrünen Strahlen schnell aus Purpur die Bleichungsstufe Sehgelb hervorbringen, auf dieses aber eine viel schwächere Wirkung haben als das Violet.

Noch eine andere Versuchsreihe wurde unternommen, um diese Frage zur Entscheidung zu bringen. Es musste die Einwirkung auf das Sehgelb um so klarer hervortreten, je reiner von Purpur dasselbe in der Retina enthalten war. Wir unterwarfen desshalb die Netzhäute der Einwirkung der Spectralfarben erst, nachdem durch Anbleichen im Sonnenlicht schon ein Theil ihres Purpurs in Sehgelb verwandelt war.

Versuch 20. Um 10 Uhr 50 Min. wurden 3 Retinae von Dunkelfröschen im Sonnenlicht bis zur Chamoisfarbe ausgebleicht und um 10 Uhr 57 Min. in einem kleinen Spectrum so exponirt, dass

1) im Gelbgrün bis Grün,

2) im Blau,

3) im Blauviolet bis Violet lag.

Um 11 Uhr 5 Min. waren 1) und 2) gelb, mit einem Stich

in's Chamois und 3) röthlich, etwas nach Chamois spielend.

Es enthielten also 1) und 2) neben Sehgelb noch Spuren von Purpur, und 3) neben Purpur noch Spuren von Sehgelb. Um die relativen Mengen vom Sehgelb direct vergleichen zu können, wurden die 3 Retinae so lange in die Sonne gehalten, bis kein Chamois mehr, sondern nur noch Gelb vorhanden war. Es enthielt dann 1) noch am meisten Gelb, während 3) fast gar Nichts davon zeigte, fast vollkommen weiss war.

Versuch 21. In gleicher Weise wurden drei Retinae in der Sonne bis zu einem gelben Chamois ausgebleicht und um 12 Uhr 6 Min. im kleinen Spectrum exponirt:

1) wurde in Gelbgrün,
2) in Blaugrün und
3) in Violet gelegt.

Nach 10 Min. war 1) gelb,
2) hell chamois und
3) noch röthlich gefärbt.

Darunter war in 2) die Ausbleichung am weitesten und in 1) etwas weiter als in 3) vorgeschritten. Es hat also das Blaugrün, welches sonst auf frische, noch purpurfarbene Retinae schwächer bleichend wirkt, als das Gelbgrün, hier, wo es sich wesentlich um die Umwandlung von Sehgelb in Sehweiss handelte, schneller gewirkt, als Gelbgrün. Ferner tritt bei diesem Versuche sehr deutlich die Differenz der Wirkung zwischen Gelbgrün und Violet hervor; während Gelbgrün aus dem Chamois den Purpur wegnahm und nur Sehgelb übrig blieb, nahm das Violet das Gelb weg, so dass nur noch eine röthliche Färbung der Netzhaut übrig blieb.

Versuch 22. Es werden 4 Netzhäute im Sonnenlichte bis zu einem hellen Chamois ausgebleicht, dann um 11 Uhr 21 Min.

1) in Roth,
2) in Gelbgrün — Grün gelegt, so dass die Linie E gerade die Retina halbirte;
3) wurde im Blau, in der Mitte zwischen F und G und
4) im Violet exponirt.

Um 11 Uhr 31 Min. ist 1) hell chamois,
2) hell gelblich,
3) sehr hell chamois, fast weiss und am meisten ausgebleicht, und
4) hellröthlich chamois gefärbt.

Das Roth hatte also gar nicht gewirkt, Grün den Purpur weggenommen, Blau hatte auf beide, auf Purpur und stark auf Sehgelb gewirkt, so dass die Retina darin am meisten verändert war, und Violet hatte das vorhandene Sehgelb zum grössten Theile in Sehweiss verwandelt, auf den Purpur aber wenig gewirkt, so dass darin ein helles röthliches Chamois übrig blieb.

Die 4 Netzhäute wurden nochmals an die gleichen Stellen im Spectrum zurückgebracht und erschienen um 11 Uhr 36 Min. am Tageslicht besehen:

$^1/_2$1) sehr hell chamois,
1$^1/_2$) sehr hell chamois, etwas mehr gelblich,
2) sehr hellgelblich weiss,
3) weiss mit einem Stich in Chamois, aber fast vollkommen ausgeblichen,
$^1/_2$4) sehr hell chamois und
4$^1/_2$) sehr hell röthlich chamois.

Alle Netzhäute wurden nun am Sonnenlichte weiter ausgebleicht, bis nur noch Sehgelb vorhanden war. Sie zeigten sämmtlich sehr wenig davon, aber 1) und 2) enthielten noch am meisten, 3) und 4) am wenigsten.

Wir glauben, dass die von uns vertretene Ansicht über die

Ausbleichung von Sehpurpur und Sehgelb im monochromatischen Lichte, nachdem wir wenigstens im sichtbaren Theile des Spectrums, durch auf die verschiedenste Weise angestellte Versuche immer zu gleichen Ergebnissen gelangten, nunmehr gesichert ist.

Im Ultraviolet sahen wir entsprechend den früheren Angaben (vergl. Heft 1. S. 59) des Einen von uns einige Wirkung, welche die Zersetzung des Purpurs zwar constatiren, aber als ausserordentlich schwach erkennen liess. Im Ganzen haben wir den Eindruck gewonnen, als ob das Licht in der Gegend und jenseits von H dem vom A im äussersten Roth etwas überlegen sei, besonders dann, wenn vorher weisses Licht Sehgelb erzeugt hatte; indessen ist es schwer, über so minimale Wirkungen und aus solchen nach Stunden zu bemessenden Ausbleichungszeiten präcisere Folgerungen zu ziehen, schon weil das Ueberviolet niemals vollkommen rein ist, und an fremdem Lichte besonders solches enthält, das Sehpurpur zersetzt. Hat man es wirklich dahin gebracht, dass das Roth vernachlässigt werden kann, so ist damit noch nicht viel geholfen, weil immer noch wirksameres Licht mittlerer Wellenlänge in dem der grössten Brechbarkeit vorhanden bleibt. Wir müssen darum vorzugsweise, wenn nicht ausschliesslich, Gewicht auf die Thatsache legen, dass eben ein zweifelloses Abblassen nach etwa einstündiger überviolетter Belichtung zu sehen ist im Vergleiche zu Netzhäuten, die unter denselben Umständen, also auch in dem nämlichen, niemals völlig zu tilgenden diffusen Lichte sich befanden, das die Umgebung des Spectrums trifft. Um die Vergleichung mit den im Roth zwischen A und B gehaltenen Netzhäuten durchzuführen, haben wir uns des nur einmal durch den Quarzapparat gebrochenen Lichtes bedient, das bei enger Spalte ein prächtiges, weit ausgedehntes, überviolettes Ende auf Aesculin zeigte und selbst darin ohne weitere Vereinigung durch eine zweite Quarzlinse etwas vor der Gruppe H, grössere Veränderlichkeit der Netzhautfarbe, als im Roth ge-

funden. Eine bis zwei Stunden genügen reichlich dies festzustellen, wenn die Luft recht durchsichtig ist, aber wir haben es in keiner dieser beiden Farben zur vollkommenen Ausbleichung bringen können, im Ueberviolet jedoch nahezu, wenn die Netzhaut durch weisse Belichtung vorher chamois oder gelb geworden war.

Die vorstehenden Erfahrungen hatten wir an den frischen Netzhäuten selbst gesammelt, da die Darstellung des Purpurs in Lösung für diese Versuche zu zeitraubend und zu kostbar gewesen wäre; wir haben jedoch nicht unterlassen, schliesslich noch einige Ausbleichungsversuche mit der klaren Lösung des Sehpurpurs im Sonnenspectrum auszuführen, von denen wir einen genauer mittheilen. Die Methode bestand in der früher angeführten Vertheilung getrennter Tropfen auf einer Glasplatte über weisser Unterlage, auf der das Spectrum scharf zu erkennen war, und zeitweiser Betrachtung der Tropfenreihe bei sehr gedämpftem Tageslichte.

Den 1. Mai 11 Uhr 40 Min. wurden in dem kleinen sehr intensiven Spectrum vertheilt:

Tropfen 1 im Ultraroth.
„ 2 „ Roth.
„ 3 „ Gelbgrün und Grün von D an.
„ 4 von E nach b.
„ 5 im Blau, bei F beginnend,
„ 6 „ Indig.
„ 7 „ Violet, bei G beginnend,
„ 8 „ Violet,
„ 9 „ Ueberviolet, von H an.

Die Lösung war so concentrirt, dass die Absorption schon im gelblichen Orange und im Violet kenntlich war. Nach 1 Min. fanden sich 3) und 4) bedeutend gebleicht, 3) am meisten und die Absorption dort schon äusserst geschwächt; nach 6 Min. 7) bemerkbar heller; nach 14 Min. 8) ebenso; nach 4 Min.

waren 3) und 4) völlig gebleicht, 5) und 6) im Beginne des Abblassens, nach 19 Min. alle genannten Tropfen vollkommen farblos, 1), 2) und 9) kaum verändert, nach 30 Min. 1) und 2) blassroth, 9) hell lila. Im Vergleiche zu den Erscheinungen an der Retina verlief hier Alles überaus rasch, besonders der Uebergang aus den Mischfarben von Sehpurpur und Sehgelb (rein roth und chamois) zur völligen Farblosigkeit, in welcher letzteren Beziehung die Retina nach unsern noch ausführlicher mitzutheilenden Erfahrungen überhaupt eine gewisse Trägheit und Inconstanzen zeigt. Die Ursache dieses Verhaltens wird später erörtert werden.

Es blieb schliesslich noch übrig zu constatiren, dass auch der Purpur in der lebenden, noch im Thiere befindlichen Netzhaut in gleicher Weise durch die spectralen Farben ausgebleicht werde, wie wir dies an der exstirpirten Netzhaut und an der Purpurlösung gefunden hatten. Die Versuche wurden so angestellt, dass ein Spectrum auf einen Schirm auffiel, in dem sich ein Spalt befand, durch den man die gewünschte Farbe auf eine Linse von kurzer Brennweite auffallen lassen konnte. Hinter dem Brennpunkte dieser Linse wurde das Auge eines curarisirten Frosches so aufgestellt, dass das kleine, sehr lichtstarke Strahlenbündel so in das Auge eindrang, dass es wo möglich im Auge parallel oder divergent nach der Retina zu gebrochen wurde. Es wurden auf diese Weise Versuche mit Grüngelb, Gelbgrün, Blaugrün und Blau gemacht, und es zeigte sich, dass bei allen vollkommene Ausbleichung des Sehpurpurs erzielt werden konnte, am leichtesten und schnellsten in Gelbgrün und Grüngelb (in $^1/_2$ bis 1 Stunde), am langsamsten (in $1^1/_2$ Stunde) im Blau.

Wir haben also *intra vitam* die gleichen relativen Bleichungsverhältnisse constatiren können, wie in den herausgenommenen Netzhäuten oder am gelösten Purpur und sind daher weit entfernt, andere Differenzen über die Wirkung des verschiedenfarbigen Lichtes auf den Stäbchenpurpur anzunehmen, als die vorstehend

erörterten, die sich kurz dahin zusammenfassen lassen, dass 1) alles sichtbare Licht den Sehpurpur zersetzt, aber bei gleicher Intensität in sehr verschiedener, **der Absorption des monochromatischen Lichtes proportionaler Zeit** — und dass 2) **die** Wellenlängen, welche den Purpur am schnellsten in Sehgelb verwandeln, am langsamsten auf dieses, die das Sehgelb am leichtesten zu Sehweiss zersetzenden und vom Sehgelb vorwiegend absorbirten im Allgemeinen weniger auf den Sehpurpur wirken.

Fortsetzung folgt im nächsten Heft.

Kurze Anleitung zur Verwendung der Verdauung in der Gewebsanalyse.

Von **W. Kühne.**

Seit einiger Zeit werden so häufig Anfragen an mich über die Ausführung der Verdauung zu mikroskopischen Zwecken gerichtet, dass ich etwas Nützliches zu thun glaube, wenn ich durch eine kurze Anleitung die Verdauung als histologische Methode allgemeiner einzuführen versuche.

So lange man die Bereitung und Wirkung des künstlichen Magensaftes kennt, sind durch Verdauung macerirte Objecte häufig mikroskopisch untersucht. Als Methode dürfte die Pepsinverdauung zuerst auf Brücke's Veranlassung von Andrejevicz verwendet sein, der damit die Frage nach Umhüllungsmembranen an den feinsten Gallengängen zu entscheiden suchte. Später ist in Ludwig's Laboratorium vom Magensafte zur Auflockerung des Bindegewebes und zur Darstellung elastischer Faserzüge Gebrauch gemacht. Wie man dabei verfährt, ist so allgemein bekannt, dass ich wenig hinzuzufügen finde. Es kommt da vornehmlich auf zeitliche Unterschiede an, meist darauf, in welcher Reihefolge die Gewebe gelockert und gelöst werden und so können unterschieden werden: weichere und derbere Eiweissmassen, festes und lockeres Bindegewebe, elastische Substanz und Verhorntes. Am Ende einer wirksamen Maceration bleibt bekanntlich nur das letztere übrig nebst dem Nucleïn der Kerne, dessen Isolation

durch Verdauung wir Miescher verdanken. Hinsichtlich der Resistenz des Keratins zeigen neuere Erfahrungen von Dr. Morochowetz, dass es jedoch verhornte Gewebe, namentlich der Oberhaut gibt, welche sehr kräftigen Pepsinsäuren erliegen, besonders nach vorausgegangenem Kochen mit Wasser. Wir verwenden bei zarteren Objecten statt der Salzsäure im hiesigen Laboratorium Oxalsäure von 0,3 pCt., welche auf je 100 Cub. Cent. mit 1 Cub. Cent. besten Pepsinglycerins versetzt wird.

Die Verdauung geschieht entweder im Probirröhrchen oder auf Objectträgern. Erstere sind 1,8 Ctm. weit und 5 Ctm. hoch und werden in einen flachen Blechtopf, dessen Deckel zu ihrer Aufnahme geeignete Löcher hat, so gesteckt, dass sie den Boden des Wasserbades nicht berühren. Hat man wenig Flüssigkeit auf sehr kleine Präparate gethan, so wird das Röhrchen passend geschützt und zur Verhütung des Schwimmens beschwert durch ein dickes Glasplättchen, oder durch einen keulenförmigen Glasstab, auf dessen herausragende Spitze man das Etiquet spiesst. Man rührt zweckmässiger mit diesem Stäbchen, als durch Schütteln um, weil manche Präparate sich gern an die Glaswände legen und sich daran emporziehen. Bei der Verdauung auf Objectträgern kommen diese in feuchte Kammern (Fig. 4) der nachstehenden Gestalt, deren man viele in ein grosses viereckiges Wasserbad setzen kann. Das letztere enthält einige Centimeter über dem Boden eine von vielen Löchern durchbohrte Blechplatte, auf welcher die feuchten Kammern stehen. Das Wasser muss so hoch aufgefüllt werden, dass die Kammern gerade nicht schwimmen können und diese müssen so viel Wasser enthalten, dass das Niveau den Objectträger fast berührt. Ist dies der Fall, so kann das Object unbedeckt bleiben, ohne dass man fortschreitende Concentration oder Eintrocknen zu befürchten hätte. Wo ein Deckglas benutzt wird, ist dasselbe zu stützen, zuweilen recht vortheilhaft nur auf einer Seite, so dass ein keilförmiger Raum das Präparat einschliesst. Bei sehr zarten Objecten, z. B. verdauten Retina-

schnitten ist es dann recht gut möglich, sie ohne Zerreissungen an den flachsten Theil des Keils zu bringen, wo sie starker Vergrösserung zugänglich sind. Der Blechkasten, welcher die feuchten Kammern einschliesst, wird mit einem dachartigen Deckel, von dem das verdunstete Wasser nicht in Tropfen abfallen kann, geschlossen.

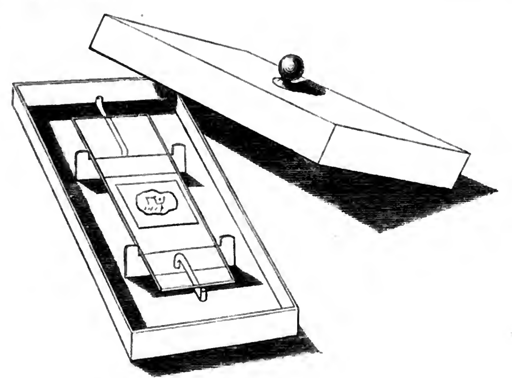


Fig. 4.

Zur Trypsinverdauung wird dieselbe Vorrichtung benutzt, aber man hat hier noch Sorgfalt auf eine Desinfection zu legen, zu welchem Zwecke das Wasser der Bäder mit Salicylsäure oder mit Thymol gesättigt wird. Um den Apparat für lange Zeit fäulnisswidrig zu erhalten, wende ich beide Präparate zusammen an, doch genügt für kürzere Zeit auch Thymol allein, und ich ziehe dieses vor, weil es das Metall nicht angreift, wie die Salicylsäure, die am Eisen bald Rostbildung befördert und als salicylsaures Eisen, wie es scheint, unwirksam wird, so dass man nachsäuern muss. Die rothe, trübe Lösung, welche sich dann bildet, fördert ausserdem die Reinlichkeit nicht.

Während die Pepsinverdauung nach energischer Wirkung nur Keratin und Nuclein oder Mucin hinterlässt, hat die Tryp-

sinverdauung den Vortheil, dazu noch das Collagen zu conserviren und ausserdem die Quellungserscheinungen, welche im Magensafte die Säure erzeugt, zu vermeiden.

Für histologische Zwecke reines Trypsin zu nehmen, wäre Luxus; man benützt ein Extrakt aus dem Pankreas, das in folgender Weise bereitet wird. Rinderpankreas wird mit kaltem Alkohol und mit Aether im Extraktionsapparate so vollkommen erschöpft, dass es nach dem Abdunsten des Aethers eine weisse, leicht zerreibliche, trockne Masse liefert. Wünschenswerth wäre es, dieses Präparat, das man vorräthig haben muss, und das sich unbegrenzt hält, käuflich erhalten zu können. 1 Gew. Th. desselben wird mit 5—10 Gew. Th. Salicylsäure von 1 p. m. 3—4 Stunden bei 40° C. erhalten, durch ein leinenes Läppchen abgepresst, wobei das Bindegewebe des Pankreas in Gestalt eines bräunlichen, sehr elastischen Klumpens zurückbleibt und nach dem Abkühlen durch Papier filtrirt. Scheidet sich später Tyrosin aus, so kann dieses ebenso entfernt werden. Bei 5 Th. Säure ist die Verdauungslösung gut zur Erhaltung des Bindegewebes, während man bei 10 Th. schon Quellung und Auflösung collagener Fibrillen befürchten muss, denn es kommt dabei weniger auf die procentische Menge der Salicylsäure, als auf die absolute gegenüber dem Gehalte der Lösung an anderen Stoffen an, so dass z. B. selbst 2 pr. m. der Säure verwendbar sind, wenn die Verdauungslösung im Uebrigen entsprechend concentrirter ist. Man thut immer gut, sich von der Wirksamkeit der einmal bereiteten Trypsinmischung zu überzeugen; sie muss eine vorher erwärmte Fibrinflocke in weniger, als in einer Minute zum Zerfallen bringen und dieselbe in 5 Min. zu einem dünnen Brei auflösen.

Pankreatische Verdauungsflüssigkeiten sind bekanntlich auch mittelst der *v. Wittich*'schen Glycerinextrakte oder aus den Alkoholfällungen dieser herzustellen. Abgesehen davon, dass die Herstellung dieser Präparate, wenn sie gut sein sollen, die

gleiche Vorbereitung des Trockenpankreas erfordert, und dass die Umständlichkeit somit nur zunimmt, haben die verdünnten Glycerinlösungen und die wässrigen Auflösungen des Rohenzyms noch den Nachtheil von der Salicylsäure gefällt zu werden, so dass die Methode des Ausdauens auch hier unvermeidlich wird. Ich meine deshalb das vorerwähnte Verfahren ausschliesslich empfehlen zu müssen.

Die zu verdauenden histologischen Objecte können zuvor mit Alkohol, mit Chromsäure, mit *Müller*'scher Flüssigkeit, selbst mit Pikrinsäure behandelt werden; am besten eignen sich jedoch frische oder mit Alkohol gehärtete Präparate. Gekochte hinterlassen wohl Keratin, aber kein Collagen, ebenso einmal gesäuerte und wieder mit Wasser oder durch Neutralisation abgequellte. An Chromsäurepräparaten wird das Bindegewebe, wenn es belichtet worden und besonders wenn es im Lichte ausgewaschen wurde, ganz unlöslich, da es dann für Säuren aufhört, quellbar zu sein. Nahezu gesättigte Salzlösungen, in welchen es zuweilen wünschenswerth ist, die Verdauung vorzunehmen, hindern den Process nicht; man setzt dann die Trypsinmischung, nach vorgängigem Eindunsten bei 40° C. zu der Salzlösung.

Obwohl das Trypsin mit Salicylsäure recht gut wirkt, wird in manchen Fällen die neutrale oder alkalische Lösung anzuwenden sein; eine solche ist immer erst aus der sauren darzustellen. Bei 0,3 pCt. Gehalt an trockner Soda scheint die Verdauung am energischsten zu verlaufen, doch verliert man dabei auch die Kerne, nicht weil das Nucleïn verdaut wird, sondern weil es in Lösung geht. Was dann noch zurückbleibt kann von Gewebsbildnern nur Collagen und Keratin sein, zwischen welchen die Entscheidung gleich zu treffen ist durch Ansäuern mit HCl von 1 p. m., im Nothfalle durch nachfolgende Pepsinwirkung. Bei der alkalischen Verdauung hat man besonders auf die Desinfection zu achten und ich empfehle dazu die Lösung mit soviel einer alkoholischen Thymollösung von 20 pCt. zu ver-

setzen, dass die Mischung 0,5 pCt. Thymol enthält. Ausscheidungen dieses Körpers schaden nicht und sind, wo es nöthig ist, mit Aether leicht zu entfernen.

Im Laufe der Beobachtungen scheiden sich häufig Tyrosinkrystalle aus, die man fortzuspülen hat, wenn sie stören. Handelt es sich um Keratinpräparate, aus welchen die Kerne gewöhnlich zu entfernen sind, so löst man das Tyrosin mit diesen in NH_3 oder in Alkalien auf.

Hinsichtlich der Conservirung der Präparate bedarf es nur der Bemerkung, dass dieselben möglichst sorgfältig mit Wasser auszuwaschen sind um nicht nachträglich zu faulen. Das Beste, was daran zu sehen ist, bieten sie im einfach feuchten Zustande dar, in welchem sie sich auch lange erhalten.

Ich zweifle kaum, dass die genannten Methoden überall Verwendung finden werden, wo man damit z. B. die Hornscheiden und die Hornspongiosa des Nervensystems oder das reticuläre Collagen einer Lymphdrüse einmal vollkommen isolirt und mit der überraschenden Deutlichkeit gesehen hat, welche diesen Objecten eigenthümlich ist, aber ich will nicht unterlassen hervorzuheben, dass es sich bei dem Verfahren weniger um die Herstellung eleganter Präparate im Sinne der mikroskopischen Anatomie, als um histologische Zwecke handelt, zunächst um eine methodische Gewebsanalyse, welche Aufschlüsse über die Anordnung chemischer Stoffe in den Organismen geben soll.

In *Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg* erschienen nachstehende Schwarzwaldbücher von

Dr. Carl Wilhelm Schnars:

Die Badische Schwarzwaldbahn

von Offenburg über Triberg nach Singen (Constanz, Schaffhausen und Sigmaringen).

Mit Angabe der bautechnischen Verhältnisse der Bahn nach officiellen Mittheilungen. Nebst 1 Uebersichtskarte, 1 Bahn-Längenprofil, 20 Ansichten und dem Plan von Constanz. **Zweite sehr vermehrte und verbesserte Auflage.** 1877. 8°. eleg. in grüne Lwd. geb. 3 M.

Während dies Büchlein allen denen dienen will, welche den neuen merkwürdigen Bau der Badischen Schwarzwaldbahn, „dieser schönsten und grossartigsten Gebirgsbahn des deutschen Reichs" kennen lernen und dieselbe bereisen wollen, ist das nachfolgende Handbuch ein Zeit und Kosten sparender Rathgeber bei längerem Aufenthalt, für Fusstouristen wie für Durchreisende in allen Theilen des Schwarzwaldes.

Neuester Schwarzwaldführer.

In zwei Theilen. Mit sechs Karten, zwei Plänen und einem Alpenpanorama von Höchenschwand aus. 1876. 8°. eleg. geb. in grüne Lwd. 9 M.

Daraus einzeln:

I. Theil: Der nördliche Schwarzwald.

Baden-Baden nach Aufhebung des Spiels. Die Umgebung. Die Thäler der Murg, Nagold, Enz, Rench, Kinzig u. s. w. Die Bäder des Schwarzwaldes. Die Schwarzwaldbahn von Offenburg über Hausach, Triberg, Donaueschingen nach Constanz. **Mit drei Karten und dem Plan von Constanz.** 1876. 8°. eleg. geb. in grüne Lwd. 4 M. 40 Pf.

II. Theil: Der südliche Schwarzwald.

Von Offenburg über Lahr, Emmendingen, Waldkirch nach Freiburg und Basel. Die in das Rheinthal fallenden Thäler. Das höhere Gebirge: Kandel, Feldberg, Belchen, Blauen. Ausflüge von Freiburg. Von Basel nach Schaffhausen. Die Thäler der Wiese, Murg, Alb, Schlücht, Wutach u. s. w. Furtwangen, Lenzkirch, Neustadt, St. Blasien, Höchenschwand, Bonndorf und Umgebung. Ausflüge nach Pfullendorf, Heiligenberg, Sigmaringen. Das Donauthal. **Mit drei Karten, Alpenpanorama & dem Plan von Freiburg.** 1876. 8° eleg. geb. in grüne Lwd. 5 M.

„Wem ist der Schwarzwald unbekannt
Mit seinen stolzen Tannen!
Kein Wandrer kommt in unser Land
Und keiner geht von dannen,
Der nicht vor seiner hehren Pracht
Still steht und grosse Augen macht!"

Der Verfasser, der seit Jahren den Schwarzwald bereist und im Lande wohnt, hat sich einen Namen als Kenner dieses herrlichen Theils des deutschen Vaterlandes erworben. Seine Führer sind als zuverlässig und gewissenhaft und auf eigener Anschauung beruhend bekannt. Der obige erscheint zugleich an Stelle sämmtlicher früher von ihm herausgegebenen. Wir verweisen unter vielen anderen gleichfalls günstig lautenden auf nachfolgende

setzer dass die Mischung 0,5 pCt Thymol enthält. Ausschei-

dunge
mit A
l
kryst
delt
wöhnl
in NI
l
der E
auszu
was
dar, i
l
Verw
und
lagen
überr
eigen
dass
elega
um l
disch
chen

→ 2 →

Urtheile der Presse:

Das an landschaftlichen Schönheiten, Bädern, Sommerfrischen überaus reiche Schwarzwaldgebirge besitzt zwar eine reiche Reiseliteratur, allein ein neuer und **gründlich durchgearbeiteter Führer**, wie der vorliegende, ist um so willkommener als die Eröffnung neuer Eisenbahnen andere Ausgangspunkte und Reiselinien vorschreibt. Dies gilt namentlich von der gegen Ende 1873 eröffneten, an kühnen Bauten und Tunneln reichen Bahn, welche Offenburg mit Villingen, Donaueschingen und Constanz verbindet und mit den zahlreichen von ihr ausgehenden Reiselinien in diesem Bande eingehend beschrieben ist, der das gesammte Land bis Baden, Pforzheim, Wildbad, Rottweil, Constanz umfaßt. Der Reisende findet über Wege, Aussichten, Einkehr **überall klare und praktische Auskunft. Die Karten sind gut gezeichnet und sehr deutlich.** D.

(Aus allen Welttheilen.)

Wenn auch unser Schwarzwald an großartigen, wildromantischen Naturschönheiten sich nicht mit den Alpen der Schweiz messen kann, so bietet er doch dem echten Naturfreund durch die reizende, weiche, geschwungene Form seiner Berge, durch die mannigfaltige Abwechslung und durch seine herrlichen, oft großartigen Fernsichten einen wirklichen Naturgenuß, was der namentlich in letzterer Zeit außerordentlich sich steigernde Verkehr am deutlichsten beweist. Um aber die Natur recht genießen zu können, braucht es vor allen Dingen eines zuverlässigen Rathgebers, und als solchen können wir den im Verlage der Carl Winter'schen Universitätsbuchhandlung in Heidelberg erschienenen Schwarzwaldführer von Dr. **Karl Wilh. Schnars** allen Touristen bestens empfehlen. Das Buch erscheint in zwei Abtheilungen, von denen die erste den nördlichen, und die zweite den südlichen Schwarzwald behandelt. **Trefflich geschriebene Einleitungen** zu beiden Abtheilungen entwerfen in kurzen Zügen ein Bild über die Geschichte, Geologie, Industrie etc. des Schwarzwaldes. Eine wesentliche Ergänzung des Werkes bilden die beigegebenen Karten, sowie ein Alpenpanorama von Höchenschwand aus und Pläne von Freiburg und Konstanz. Was den Text selbst anbetrifft, so kann von demselben nur gesagt werden, **daß er in möglichster Vollkommenheit Alles enthält, was man von einem derartigen Werk verlangen kann.**

(Oberrheinischer Kurier.)

Die unwirthliche Silva Marciana der Römer ist seit der Eröffnung der Schwarzwaldbahn von ungewöhnlich vielen Reisenden besucht worden. Hat doch der Schwarzwald mit seinen dunklen Tannenforsten schon auf die Römer eine eigenthümliche Anziehungskraft ausgeübt, obwohl dieser Theil des hercynischen Waldes in jenen Tagen erst

nach Ueberwindung mannigfacher Hindernisse zugänglich war, haben sie ihn dennoch mit zahlreichen Bauten und prachtvollen Bädern bepflanzt und verhältnißmäßig mit einiger Vorliebe aufgesucht. Seit 1873 hat sich der Verkehr im Schwarzwalde ungemein gesteigert. In Folge dessen sind seitdem so vielfache Veränderungen und Verbesserungen fast überall entstanden, daß eine neue Bearbeitung des „Schwarzwaldführers" nothwendig wurde.

(Neue preußische [Kreuz-]Zeitung.)

In Carl Winter's Universitätsbuchhandlung ist neu erschienen der Schwarzwald-Führer von Dr. C. W. Schnars. Er besteht in zwei Theilen, von denen der eine den nördlichen Schwarzwald (von Baden-Baden bis Offenburg und die Schwarzwaldbahn bis Konstanz), der andere den südlichen (von Offenburg über Waldkirch und Freiburg bis Basel und Schaffhausen) behandelt. Schnars' Führer beruht auf eigener Anschauung, und wir haben Gelegenheit genug gehabt, seine Angaben als durchaus zuverlässig, das Buch selbst als ebenso sorgfältig zusammengestellt wie als praktisch durchaus brauchbar zu erproben. Gute Karten, die bis auf den neuesten Stand der Eisenbahnverbindungen fortgesetzt sind, unterstützen bedeutend den praktischen Werth des Werkes, dessen Theile auch einzeln zu haben sind. Der Gesammtpreis beträgt 9 Mk. Bei der ausgedehnten Berücksichtigung, die der Schwarzwald von Seite der Touristen und Sommerfrischler in dieser Saison findet, dürfte der Schnars'sche Schwarzwaldführer auch in seiner neuen Gestalt eine glänzende Probe bestehen. **(Frankfurter Zeitung.)**

Dr. C. W. Schnars, der durch seinen „Schwarzwaldführer" schon Tausenden von Touristen, Wanderern und Pilgern gute Dienste geleistet, hat durch den in den letzten Jahren außerordentlich gesteigerten Verkehr, der zahllose neue Besuchsziele eröffnete, sich veranlaßt gesehen, den massenhaften Stoff ganz neu zu bearbeiten und in zwei Bücher zu vertheilen. Drei gute Karten sind dem handlichen Bande beigefügt. **(Köln. Zeitung.)**

Obiger äußerst zweckmäßig angelegter Führer bietet dem Besucher des Schwarzwaldes die sorgfältigsten und nach allen Beziehungen hin wünschenswerthesten Aufschlüsse und Anweisungen zu einer längeren oder kürzeren Rundtour in den lieblichen Thälern und auf den anmuthigen Höhenzügen unseres Nachbarländchens. Der Inhalt gibt 21 verschiedene von und nach den verschiedensten Richtungen zu machende Routen an, wobei jeder Ort historisch und geographisch genau geschildert wird. Die beigegebenen Karten, darunter eine treffliche Karte der neuen berühmten Schwarzwaldbahn sind sauber ausgeführt und entsprechen dem soliden Charakter des ganzen Büchleins.

setzen, dass die Mischung 0,5 pCt. Thymol enthält. Ausschei-
dung
mit A
l
kryst
delt
wöhnl
in NI
l
der E
auszu
was
dar,
l
Verw
und
lagen
überr
eigen
dass
elega
um l
disch
chen

— 4 —

Dem hübsch ausgestatteten Bändchen soll in Kürze ein weiteres über den südlichen Schwarzwald nachfolgen. **(Reichspost.)**

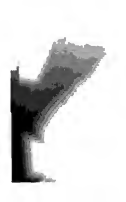
Der allgemein geschätzte, als der beste und zuverlässigste bekannte Führer durch den Schwarzwald von Dr. Carl Wilhelm Schnars in Baden-Baden ist kürzlich in einer neuen Auflage in Carl Winter's Universitätsbuchhandlung erschienen. Die Anhäufung des Materials, welche in Folge des wachsenden Verkehrs im Schwarzwalde und der damit in Verbindung stehenden neuen Einrichtungen, Verbesserungen, Verschönerungen an zahllosen Orten bewirkt worden, hat den Verfasser veranlaßt, sein treffliches Handbuch in zwei Abtheilungen: Nördlicher und Südlicher Schwarzwald, herauszugeben. In sehr handlicher, vorzüglich ausgestatteter Form, mit drei Karten und einem Plan von Constanz versehen, liegt jetzt der erste Theil dieses „Neuesten Schwarzwaldführers" vor. Er behandelt den nördlichen Schwarzwald. — Für Touristen, welche diesen an Naturschönheiten so überaus reichen Theil des Schwarzwaldes besuchen, ist Schnars' Buch ein unentbehrlicher Rathgeber, der den ihn Befragenden stets umfassende und genaueste Auskunft geben wird. **(Hamb. Nachrichten.)**

Die seit einigen Jahren rasch anwachsende Schwarzwaldliteratur ist soeben um einen „Neuesten Schwarzwaldführer" aus der bewährten Feder des Dr. Schnars bereichert worden.

Mit besonderer Vorliebe ist Baden-Baden und seine neueste Entwicklung seit Aufhebung des Spiels behandelt; ebenso Konstanz (unter Beigabe eines hübschen Kärtchens nach dem neuen Stadtbauplane). Neu ist der Abschnitt über die Nagoldthalbahn, ihre Fortsetzung bis Horb, sodann die obere Neckarthalbahn und die Linie Rottweil — Villingen. Der Text ist mit dem an Schnars gewohnten Sammelfleiße bearbeitet. **(Württemberg. Staatsanzeiger.)**

C. W. Schnars, dem wir das beste Reisehandbuch über den Bodensee verdanken, hat nun auch einen nicht minder fleißig gearbeiteten „Schwarzwaldführer" herausgegeben, von dem der erste, den nördlichen Schwarzwald umfassende Theil vorliegt. Von Baden-Baden bis zum Bodensee führt uns der kundige Cicerone, der aus eigener Anschauung geschöpft hat, wie man auf jeder Seite erkennt, und das geschichtliche Material sorgfältigem Studium verdankt. So steht er überall auf eigenen Füßen und gibt dem Reisenden, der sich ihm anvertraut, das Gefühl der Sicherheit. Die Karten genügen. **(Ueber Land und Meer).**

Von Dr. W. Schnars, dem Verfasser so mancher Werke über den Schwarzwald und gründlichen Kenner dieses herrlichen Theiles unseres Vaterlandes, ist der erste Theil eines größeren Werkes über den Schwarzwald unter dem Titel „Nördlicher Schwarz-



wald" erschienen. Das Werk erweist sich nach seiner ganzen Eintheilung als ein außerordentlich praktischer Führer und umfaßt in dieser seiner ersten Hälfte den Schwarzwald von seinem Beginn bei Pforzheim bis zum Kinzigthal incl. der Schwarzwaldbahn nach Konstanz. Was uns besonders wohlthuend in diesem mit äußerst sorgfältigem Fleiße gearbeiteten Buche berührt, ist, daß es, im Gegensatze zu manchem seiner Collegen, stets den trockenen Ton vermeidet und neben lebhafter Schilderung auch dem historisch und geognostisch wissenschaftlichen Standpunkt, sowie den industriell-wirthschaftlichen Verhältnissen ihr volles Recht einräumt. Die Zahlenangaben beruhen auf den neuesten statistischen Ermittelungen, die Pläne und äußerst sauber gestochenen Karten haben die neuesten Forschungen zur Grundlage. Besonders praktisch ist, daß bei den Notizen über die einzelnen Städte und bevorzugten Aufenthaltsorte besonders auf etwaige finanzielle Verhältnisse des Touristen Rücksicht genommen ist, so daß es Jedem mit Hilfe dieses Buches leicht gemacht wird, „sich nach der Decke zu strecken", wie man zu sagen pflegt. Wir wollen darum nicht versäumen, Jedem, den es nach der Sommerfrische unseres herrlichen Schwarzwaldes hinaustreibt, „Schnars' Schwarzwald" auf's Angelegentlichste als sicheren Führer zu empfehlen.

(Pforzheimer Beobachter.)

„Willst Du immer weiter schweifen?
Sieh', das Gute liegt so nah'."

Die Zeit der Kreuzzüge, welche lange Reihen schmucker Ritter durch unsere Gauen führte, ließ einst nach langer Ruhe mächtig die Wanderlust erwachen in unserem Volke, und unsere Väter, die bisher sich so wohl gefühlt in ihren engen Gassen zwischen ihren grünen Bergen, verließen zu Tausenden die Heimath; fast aus allen Dichtungen der Zeit spricht heute noch die Wanderlust, die Sehnsucht nach der Ferne. Unser Jahrhundert, das mit seinen raschen Verkehrsmitteln Länder und Völker aufgeschlossen und einander näher gebracht, hat jene Wanderlust wieder aufleben lassen nicht bloß in der Auswanderung, sondern auch in der eigentlichen Reiselust. Jung und Alt, wer irgend kann, ergreift den Wanderstab und zieht hinaus über Berg und Thal; jedes Jahr, wenn es Herbst wird, duldet es den Herrn Professor mit dem Herrn Assessor nicht mehr zu Hause und mit Schmerz sieht ihm der Nachbar nach, der nicht so glücklich ist, reisen zu können. Jeder möchte sich einmal frei wissen, frei von den Sorgen des täglichen Lebens, frei wie der Vogel sich wiegen in Wald und Feld. — Wohin ist aber bisher der Zug der Pilger zu den Bergeshöhen gerichtet gewesen? Hauptsächlich nach der Schweiz. Sicher haben die Schweizer, die Tyroler Alpen viel Eigenthümliches, aber dennoch ist es an der Zeit, über der Bewunderung des Fremden nicht des Eigenen zu ver-

gessen, und vor Allem der Schwarzwald ist es werth, daß wir ihn besuchen und kennen lernen. Wer aber seine Reisezeit und sein Reisegeld wohl anwenden will, der wird nicht auf's Gerathewohl in einem Lande hin- und herlaufen, er wird sich einen bestimmten Plan machen, er wird die schönsten, geschichtlich interessantesten Punkte heraussuchen und die Verkehrsmittel der neuen Zeit zu seinem Dienste heranziehen. Dazu sind aber Reisehandbücher unentbehrlich, und wir begrüßen freudig das Reisehandbuch des Hrn. Dr. Schnars in seiner neuen Form als einen alten gediegenen Bekannten. Wir sind überzeugt, daß er damit dem Schwarzwalde immer neue Freunde zuführen wird, und daß es Niemand reuen wird, seiner Führung Folge geleistet zu haben. „Denn", um den Verfasser in seiner schönen gehobenen Sprache selbst reden zu lassen, „die Landschaften des Schwarzwaldes gewähren freilich keine Blicke auf wildgerissene Alpenspitzen, auf Gletscher, die im Sonnenstrahl glänzen, auf größere, von jäh abstürzenden Felsen umgebene Seen, auf himmelhohe steile Grate u. s. w., aber dafür erfreut das Auge die reizend geschwungene, meist mit grünem Wald oder Rasen bedeckte Kuppenform der Berge, die im reichsten Wechsel sich mischen und übereinander erheben und eine Fülle von Abwechslung gewähren. Dazu kommen die herrlichen Fernsichten auf die Alpenketten Bayerns, Vorarlbergs, Tirols und der Schweiz, die nicht einzig und allein die höchsten Berge, wie der Feldberg, Belchen, Blauen, Kandel, sondern auch manche hohe Gebirgspässe und selbst verhältnißmäßig tief gelegene Hügel gewähren."

Wer Hrn. Schnars' Handbuch wirklich studirt und geistig sich angeeignet hat, wird sich nirgends verlassen fühlen, nie Langweile empfinden .... **(Karlsruher Ztg.)**

Nachdem von Dr. Carl Wilhelm Schnars im vorigen Sommer eine besondere kleine Schrift über die seit 1873 eröffnete Schwarzwald-Bahn erschienen, welche seitdem auf diesem als Gebirgsbahn schönsten und großartigsten aller deutschen Schienenwege viele Reisende dem Verfasser zu Dank verpflichtet haben wird, liegt nun seit zwei Monaten die fünfte Auflage seines großen „Schwarzwaldführers" (Heidelberg bei Carl Winter) vor, d. h. in einem schön ausgestatteten Duodezbande (mit drei Karten und dem Plan von Constanz) vorläufig die nach dem Zeitbedürfniß beträchtlich erweiterte erste Abtheilung, welche den „nördlichen Schwarzwald" (Baden-Baden und Umgebung, die Thäler der Murg, Nagold, Enz, Rench, Kinzig nebst den übrigen zahlreichen Schwarzwaldbädern u. s. w.) umfaßt. **(Augsb. Allg. Ztg.)**

Der neuerdings durch die großartigen Eisenbahnbauten mit seinen Schönheiten erst recht erschlossene südliche Schwarzwald von Offenburg bis zum Randengebirge, Freiburg, den Kandel, Feldberg, Belchen

und Blauen, das Dreisam-, Murg- und Albthal umschließend, wird in diesem schon durch Ausstattung und Druck äußerst gefälligen Bändchen in 30 Routen, welche sich sogar auf Basel, Schaffhausen und das obere Donauthal erstrecken, der deutschen Wander- und Reiselust vorgeführt. Drei sehr gut gearbeitete Karten, ein Plan von Freiburg und ein malerisches Alpenpanorama ergänzen in befriedigendster Weise die reichen geographischen, historischen, chorographischen und praktischen Notizen und Weisungen dieses trefflichen Reisehandbuchs. **(Reichsbote.)**

Der schöne, wildromantische Schwarzwald ist in den letzten Jahren ein häufiges Reiseziel geworden; auch aus dem deutschen Norden strömen zahlreiche Schaaren von Wanderern dahin, theils um die Sommerfrische zu genießen, oder um die Heilquellen zu gebrauchen, manche auch um mit rüstigem Fuß die Gipfel der Berge zu ersteigen oder in dem Schatten der Thäler den süßen Waldduft im Vorbeiziehen einzusaugen. Für die rüstige, wanderungseifrige Gattung der Zuzügler nach dem Schwarzwalde ist folgendes Buch sehr zu empfehlen: Dr. C. W. Schnars' südlicher Schwarzwald. Derselbe Verfasser gab schon früher einen Reiseführer durch den nördlichen Schwarzwald heraus; der neu ausgegebene Band ist als der II. Theil des Reiseführers durch den ganzen Schwarzwald anzunehmen. Er beschreibt den südlichen Theil mit allen seinen Thälern und Höhen und bringt auch Ausflüge nach Basel, Schaffhausen, Heiligenberg, Sigmaringen und in das romantische Donauthal. Der Verfasser hat den gesammten Schwarzwald wiederholt durchreist und auch Mittheilungen ortskundiger Männer benutzt und glaubt das Neueste und Wichtigste zu geben, Zuverlässiges in solchem Maße, als es der Wechsel der Einrichtungen zuläßt. Neu sind in diesem Bande die Schilderungen des bisher gänzlich unbekannten Schlüchtthales, des Luftkurorts Höchenschwand, der Orte Furtwangen, Gütenbach, Bonndorf, Heiligenberg, Pfullendorf. Eine Einleitung enthält Geologisches und Geographisches, Zoologisches, Kurorte, Industrie und Bevölkerung, Landschaften, Verkehrswesen. Dann folgen Schwarzwald-Routen, von denen dreißig verschiedene aufgezeichnet sind. Karten, Stadtpläne und ein farbiges Alpenpanorama (vom Belvedere des Hôtel Höchenschwand aus) sind die artistischen Zugaben des Buches.

(Hamburger Nachrichten.)

Von Dr. Schnars ist der 2. Theil seines „Schwarzwaldführers" dem 1. nachgefolgt. Er enthält den südlichen Schwarzwald, hauptsächlich den Zentralstock des Feldbergs mit den südlichen Thälern, Freiburg, das Donauthal und die Seegegend, Karten und Pläne und das Panorama von Höchenschwand sind beigegeben. Ein solch' eingehender, zugleich sehr handlicher Führer ist den vielen Fußreisenden im Schwarzwald sehr willkommen. Die Routen

sind geschickt zusammengestellt, alle Mittheilungen mit großer Sachkenntniß verfaßt. **(Pforzheimer Beobachter.)**

Die Reisezeit ist jetzt gekommen. Mancher unserer Leser wird sich vielleicht dem romantischen Schwarzwald zuwenden. Wer ihn einmal kennen gelernt hat, der wird nicht müde seine Herrlichkeit zu preisen und Andere zum Besuch desselben zu veranlassen. Will man aber mit Genuß reisen, so ist ein ordentliches Reisehandbuch unerläßlich. Wir freuen uns deswegen, unsere Leser auf ein solches hinweisen zu können, das mit großem Fleiß und mit großer Sachkenntniß verfaßt ist. Es ist das „der Schwarzwaldführer von Schnars", mit dessen 1. Theil, der den nördlichen Schwarzwald behandelt, wir unsere Leser schon früher bekannt gemacht haben. Der 2. Theil, dem 3 Karten, ein Plan von Freiburg und ein sehr schön ausgeführtes Alpenpanorama von Höchenschwand aus beigegeben sind, schildert nicht bloß den südlichen Schwarzwald mit allen seinen Thälern und Höhen, sondern bringt auch Ausflüge nach Basel, Schaffhausen, Heiligenberg, Sigmaringen und in das romantische Donauthal von Sigmaringen aufwärts und abwärts. Und was bei einem Reisehandbuch das Wichtigste ist, den größten Theil der beschriebenen Gegenden hat der Verfasser selbst und gar wiederholt bereist und so aus eigenster Erfahrung heraus beschrieben. **(Reichspost.)**

Schnars' Schwarzwaldführer sind bekannt. Je mehr die Verfasser von Reisehandbüchern sich neuerdings in die Arbeit theilen und jeder sich ein bestimmtes, umgrenztes Gebiet wählt, desto zuverlässiger und interessanter sind ihre Mittheilungen und Rathschläge. So ist denn auch Schnars mit dem Schwarzwald, mit Land und Leuten, gründlich vertraut; seit einer Reihe von Jahren durchwandert er seine Thäler und Höhen und so beruhen seine Schilderungen auf eigener Anschauung und Erfahrung, wie auf den Mittheilungen ortskundiger Männer. Das vorliegende Werk, eine Fortsetzung seines Führers durch den nördlichen Schwarzwald, behandelt den südlichen Schwarzwald von Offenburg an. Waldkirch, St. Blasien, Höchenschwand u. s. f., Freiburg, Feldberg u. s. f. sind ausführlich besprochen und die Darstellung südlich bis auf Schaffhausen und den Rheinfall, östlich bis auf Sigmaringen und das Donauthal, ja hinauf bis Blaubeuren und Ulm ausgedehnt. Dem Buche sind zwei Karten im Maßstabe 1:200000, der Plan von Freiburg und ein Alpenpanorama von Höchenschwand aus beigegeben. Indem wir die Schwarzwaldwanderer auf diesen Führer aufmerksam machen, erinnern wir noch an desselben Verfassers Reisehandbuch: Die badische Schwarzwaldbahn von Offenburg über Triberg nach Singen u. Constanz. **(Staatsanzeiger, Württemb.)**

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

In CARL WINTER's *Universitätsbuchhandlung* in Heidelberg ist soeben vollständig erschienen:

HANDBUCH

DER

ALLGEMEINEN & PHYSIKALISCHEN

CHEMIE

VON

DR. ALEXANDER NAUMANN,

PROFESSOR DER CHEMIE AN DER UNIVERSITÄT GIESSEN.

NEBST AUSFÜHRLICHEM SACHREGISTER.

MIT ABBILDUNGEN IN HOLZSCHNITT UND EINER TAFEL IN FARBENDRUCK.

INHALT.

I. Allgemeine chemische Entwicklungen.
II. Gase.
III. Feste Körper.
IV. Flüssigkeiten.
V. Thermochemische Erscheinungen.
VI. Elektrochemische Erscheinungen.
VII. Magnetisch-chemische Erscheinungen.
VIII. Optisch-chemische Erscheinungen.

gr. 8°. brosch. 24 Mark.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

BAND I. HEFT 3.

3. ERGÄNZUNGSHEFT ZU DEN VERHANDLUNGEN DES NATURHISTORISCH-MEDICINISCHEN VEREINS ZU HEIDELBERG.

INHALT.

UEBER DIE DARSTELLUNG VON OPTOGRAMMEN IM FROSCHAUGE von W. KÜHNE. 225. — EINE BEOBACHTUNG UEBER DAS LEUCHTEN DER INSECTENAUGEN von W. KÜHNE. 242. — UNTERSUCHUNGEN UEBER DEN SEHPURPUR. (Fortsetzung von Heft 2.) Von A. EWALD und W. KÜHNE. 248. — ERFAHRUNGEN UND BEMERKUNGEN UEBER ENZYME UND FERMENTE von W. KÜHNE. 291.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1877.

Diese Untersuchungen erscheinen in zwanglosen, auch einzeln käuflichen Heften, deren vier einen Band bilden.

Erschienen ist bereits:

Band I. Heft 1. Inhalt: Zur Photochemie der Netzhaut (2. Abdruck) von W. Kühne. — Über den Sehpurpur von W. Kühne. — gr. 8^0. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heft 2. Über die Verbreitung des Sehpurpurs im menschlichen Auge von W. Kühne. — Weitere Beobachtungen über den Sehpurpur des Menschen von W. Kühne. — Zur Chemie der Altersveränderungen der Linse von Dr. med. M. Knies. — Das Sehen ohne Sehpurpur von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur von A. Ewald und W. Kühne. — Kurze Anleitung zur Verwendung der Verdauung in der Gewebsanalyse von W. Kühne. — gr. 8^0. brosch. 4 M.

Heidelberg.

Carl Winter's *Universitätsbuchhandlung.*

Heidelberg. Carl Winter's Universitäts-Buchhandlung. Herbst 1877.

PROSPECTUS.

Forschungen

auf dem

Gebiete der Agrikulturphysik,

herausgegeben

von

Dr. E. WOLLNY,

Professor der Landwirthschaft an der technischen Hochschule in München.

Die Ergebnisse naturwissenschaftlicher Forschung in ihrer Anwendung auf die Landwirthschaft haben je länger, je mehr die Ueberzeugung begründet, dafs die physikalischen Eigenschaften des Bodens wie der Atmosphäre das Leben und Gedeihen der Kulturgewächse wesentlich bedingen und deshalb bei allen praktischen Mafsnahmen des Pflanzenbaues vorzugsweise Berücksichtigung zu fordern haben. Die Physik des Bodens und der Pflanze sowie der atmosphärischen Vorgänge, welche, soweit sie für das Leben der Kulturpflanzen von Belang ist, zweckmässig unter der Bezeichnung «Agrikulturphysik» begriffen werden kann, wird sonach für die Wissenschaft wie die Praxis des Landbaues ein gleich hohes Interesse in Anspruch nehmen dürfen.

Während die wissenschaftliche Untersuchung sich auf anderen Gebieten früher und sicherer ihrem Ziele genähert hat, kann die Agrikulturphysik gleiche Erfolge nicht aufweisen. Es findet dies darin seine Erklärung, dafs einerseits die Methoden zur Anstellung exakter Versuche bis in neuere Zeit nicht ausgereicht haben, während andererseits die dem physikalischen Forschungsbereich anheimfallenden Faktoren in den mannigfachsten Combinationen wirksam sind, es mithin lange Zeit fortgesetzter, sehr eingehender Untersuchungen be-

darf, um zu verläſslichen Schlüssen zu gelangen und die Ergebnisse auch für die Praxis des Pflanzenbaues verwerthbar zu machen. Indessen hat in den letzten Jahren die Zahl und der Werth solcher Arbeiten, welche zum Ausbau der Agrikulturphysik geeignet sind, derart zugenommen, daſs ein weiteres Aufblühen dieses Wissenszweiges sowie dessen nutzbringende Anwendung in sichere Aussicht gestellt ist. Die Vereinigung hierauf abzielender Untersuchungen, welche bisher zerstreut veröffentlicht wurden und deſshalb häufig nicht die gebührende Beachtung fanden, in einem Centralorgan darf demnach als ein vorhandenes Bedürfniſs betrachtet werden, welchem die Unterzeichneten zu entsprechen glauben, indem sie unter dem obigen Titel der Oeffentlichkeit eine Reihe von Mittheilungen übergeben, welche bestimmt sein sollen, die Agrikulturphysik einer gröſseren Vervollkommnung entgegen zu führen und ein reges Verständniſs für die Wichtigkeit des Gegenstandes hervorzurufen.

Neben Referaten über hervorragende Erscheinungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik wird das Hauptaugenmerk auf solche Originalarbeiten gerichtet sein, welche die Ergebnisse exact durchgeführter Forschungen zum Gegenstand haben. Divergirenden Anschauungen, sofern dabei persönliche Beziehungen fern gehalten bleiben, wird in den «Forschungen» der Boden zu gegenseitiger Verständigung gern gewährt werden.

Die Mittheilungen erscheinen in zwanglosen Heften, von welchen je fünf einen Band von ca. 25—30 Druckbogen bilden werden. Jedes Heft wird einzeln berechnet.

Möge das Blatt den Fachgenossen, welchen die Weiterbildung der Wissenschaft und der Technik des landwirthschaftlichen Gewerbes am Herzen liegt, sowie allen denen, welche auf verwandten Gebieten für die hier zur Behandlung kommenden Gegenstände ein Interesse finden, zu freundlicher Aufnahme empfohlen sein.

MÜNCHEN und HEIDELBERG, im Oktober 1877.

Der Herausgeber: Professor Dr. E. WOLLNY.

Der Verleger: CARL WINTER's Universitätsbuchhandlung.

☞ **Das erste Heft ist erschienen und durch jede Buchhandlung zu beziehen.**

Ueber die Darstellung von Optogrammen im Froschauge.

Von **W. Kühne.**

Um auf der Netzhaut des Frosches das Optogramm eines vor dem Auge befindlichen Objectes zu erhalten, habe ich (Heft 1, S. 72) ein eigenthümliches, von dem beim Kaninchenauge befolgten sehr verschiedenes Verfahren angegeben, das wegen dieser Abweichung besondere Begründung verdient.

Der mit Curare vergiftete, ohne Lungenathmung lebende Frosch scheint zwar zu solchen Versuchen das bequemste und geeignetste Thier zu sein, aber er bereitet der Optographie gewisse Schwierigkeiten, welche beim Auge des Säugethieres leichter umgangen werden. Ich will nicht davon reden, dass es mühsam und unsicher sein kann, die Froschnetzhaut fehlerfrei aus dem Auge hervorzubringen oder sie glatt auszubreiten, denn diese Schwierigkeiten werden durch Uebung bald überwunden oder sind für grössere Exemplare von Rana esculenta kaum vorhanden; eben so wenig will ich als Hinderniss das kleine, bald gelernte Kunststück nennen, Sklera und Uvea am Sehnerveneintritte so abzuschneiden, dass die Retina undurchbohrt und mit dem kurzen Opticusstumpfe behaftet bleibt, sondern ich möchte die Aufmerksamkeit darauf lenken, dass die Retina des lebenden Frosches viel längerer oder weit intensiverer Belichtung, als die des Säugethieres bedarf, um gebleicht zu werden, während unglücklicher

Weise intensiveres Licht gerade das Mittel ist, ein Optogramm unkenntlich zu machen und zu verderben. Ich hatte deshalb gute Gründe, beim Frosche als Object die wenig wirkende Gasflamme mit entsprechend langer, mehrstündiger Exposition zu empfehlen und ausserdem Objectgrösse und Entfernung so zu wählen, dass nur ein sehr kleines, mit dem Mikroskope zu untersuchendes Bild entstehen konnte.

Man kann in der That nur dann Optogramme auf der Froschnetzhaut erhalten, wenn entweder das Licht sehr schwach war, oder nach intensiverer Belichtung, wenn das Bild sehr klein ist. Dies erklärt sich aus einem eigenthümlichen, schon früher von mir bemerkten Verhalten des Pigmentepithels (vergl. Heft 1, S. 40 u. 101) zur Stäbchenschicht, indem die Retina um so reicher mit schwarzem Pigment und dem Epithel beladen aus dem Auge hervorkommt, je intensiver sie belichtet worden. Gegen diesen das Optogramm verbergenden Fehler ist das am Säugethierauge fast immer helfende Alaunverfahren fruchtlos; man bleibt also auf die Besichtigung der frischen Netzhaut angewiesen. Da die letztere sehr häufig am belichteten Auge glatt und fehlerfrei, nur in ihrer ganzen Ausdehnung vom Epithel bedeckt aus dem Auge hervorzuziehen ist, sollte man meinen, dass es möglich sein müsse, das Optogramm jetzt im gerade durchfallenden Lichte an den durch das schwarze Pigment nach hinten ragenden Stäbchen wahrzunehmen, allein es tritt hier sofort ein weiterer Missstand dem Erkennen des Bildes entgegen, indem nämlich der die Epithelzellen erfüllende Pigmentbrei nicht wie im Auge der Dunkelfrösche angeordnet, die hinteren Stäbchenenden frei und den Sehpurpur durchscheinen lässt, sondern dieselben in einer ausserordentlich grossen Anzahl jener Zellen mit einer dichten, fast continuirlich aussehenden, undurchsichtigen Lage bedeckt. Welches vielseitige Interesse diese merkwürdige Erscheinung an sich bietet, wird bei anderer Gelegenheit zu er-

örtern sein; für die Optographie bildet sie ein Hinderniss, und das Epithel durch Abspülen oder mit dem Pinsel zu entfernen ist, ohne Verschiebungen und Schädigungen in der Stäbchenschicht zu verursachen, unmöglich.

Um den genannten vom Epithel veranlassten Störungen zu entgehen, muss man dieselben während der Entstehung des Optogramms entweder ganz zu vermeiden suchen, und das geschieht durch gedämpfte, aber längere Belichtung, oder es muss das Bild so beschaffen und namentlich so klein sein, dass der weitaus grösste Theil der Netzhaut unbelichtet bleibt, so dass das Epithel, trotz der Neigung die belichteten Stellen zu bedecken, sich auch von diesen mit den übrigen im Zusammenhange ablöst. Hebt man aus einem so behandelten Auge die Retina heraus, indem man sie an einem vorderen, vom Optogramme möglichst entfernten Punkte fasst, so bleibt das ganze Epithel im Bulbus zurück und die Mosaik der sechseckigen Zellen hängt dann fest genug in sich und in der Fläche auch mit den hinter den belichteten Orten befindlichen Zellen zusammen, um das continuirliche Abtrennen der Retina durch sanften Zug überall zu gestatten. Auf diese Weise überzeugt man sich, dass bei sehr kleinen Bildern auch die Verwendung intensiveren Lichtes möglich wird; doch hat dies seine Grenzen und wo direktes Sonnenlicht, aber durch mattes Glas gedämpft, zur Wirkung kommt, pflegt die Netzhaut gerade da, wo das Optogramm zu suchen ist, einen unregelmässigen schwarzen Fleck oder, was in vieler Hinsicht besonderes Interesse bietet, Theile des Optogrammes nicht hell auf purpurnem Grunde, sondern durch schwarzes Epithel gekennzeichnet auf der gefärbten Fläche zu zeigen.

Im Begriffe, die Optographie beim Frosche als Methode zur Erörterung einiger für das Sehen wichtiger Fragen zu verwenden, und bemüht an der Hand der eben angedeuteten Erfahrungen die Technik zu verbessern, fand ich in der Arbeit von *Boll*

„zur Anatomie und Physiologie der Retina“ eine Angabe, (Archiv f. Anat. u. Physiol. 1877, Heft 1, S. 9), welche in überraschend einfacher Weise die locale Ausbleichung der Retina im Auge des lebenden Frosches durch das Licht zu zeigen sucht. Der Versuch besteht darin, dass man den Laden eines direkt von der Sonne beschienenen Fensters bis zum Entstehen eines „verhältnissmässig schmalen“ Sonnenstreifens im übrigens unbelichteten Zimmer schliesst und den Curarefrosch mit dem Auge 10 Min. in jenen Streifen legt; die herausgenommene Retina zeige dann einen „scharf gezeichneten farblosen“, sie in zwei rothe Hälften trennenden Streifen. Wer den Versuch ausführt, wird auf eine erste, auch von mir, wenn ich nicht gerade viel mit Lichtspalten und Heliostaten zu thun gehabt hätte, vielleicht erst während des Experimentirens erwogene Schwierigkeit stossen, nämlich, dass der Sonnenstreif wegen der Erdbewegung nicht 10 Min. lang auf dem Froschkopfe oder vor dem Auge bleibt und dass man, um dem Uebelstande zu begegnen, den Streifen noch ausserordentlich breit nehmen muss, selbst wenn der Frosch schon recht nahe an das Fenster gelegt wird. Der Ladenspalt ist also entweder unmässig breit zu machen, oder wenn der Lichtstreif „verhältnissmässig schmal“ sein soll, muss der Frosch, von 2 zu 2 Min. etwa, verschoben werden, falls man nicht den Spalt selbst verrücken will, wie es mit Klappladen möglich ist. Dass dies Alles Bedingungen sind, welche zu sehr geringen Hoffnungen auf ein „scharf gezeichnetes“ Bild berechtigen, liegt auf der Hand. Ich habe bei der geduldigsten Wiederholung des Versuches unter jedem denkbaren Wechsel in Bezug auf die eben genannten Umstände und indem ich die Entfernung des Auges vom Spalte von 12 zu 30, 50, 60, 100, 150 und 200 Ctm. änderte, nie etwas Anderes zu erreichen vermocht, als ganz diffuse, meist fleckige Ausbleichungen der Retina oder ein so starkes Haften des Pigmentes, dass an den Nachweis einer localisirten Veränderung gar nicht zu den-

ken war. Liess ich den Frosch ohne Rücksicht auf die unerwünschte Verschiebung des Lichtstreifens mit dem Auge zum Ladenspalte gewendet liegen, so fand ich nach 10 Min. überhaupt keine Ausbleichung, sondern erst nach 30 Min. eine wieder so diffuse, dass auf eine von dem linearen Objecte, oder von dem diesem entsprechenden Bilde, herrührende Veränderung durchaus nicht zu schliessen war. Ich kam dann auf den Gedanken, dass der Versuch vielleicht hinter matt geschliffenen Scheiben oder an mit durchsichtigem Papier bezogenen Fenstern vorgenommen worden, aber auch diese Erklärung versagte, weil ich dann in dem zerstreuten Lichte den von *Boll* genannten Sonnenstreifen nicht ordentlich sah, und weil es jetzt bei ganz bedeutender Weite des Spaltes wenigstens 20 Min. dauerte, bis eine Veränderung in der Retina zu constatiren war, die jedoch im Wesentlichen wiederum in dem misslichen Haften des Epithels bestand. Um jeder Möglichkeit gerecht zu werden, wurde noch ein Verfahren eingeschlagen, von dem ich zwar nicht weiss, ob *Boll* es angewendet, das aber dem Principe seines Versuches noch am besten entsprach: es wurde die ganze Breite des Fensters mittelst eines Rollladens mit einem **horizontalen** Spalte versehen und der Frosch so in den Sonnenstreif gelegt, dass das grelle Licht bei der gewählten Breite desselben 10 Min. und länger auf dem Auge verweilen konnte; indess war der Erfolg nicht besser und nicht anders, als früher. Ein Versuch an einem für den Zweck vorbereiteten Froschauge (vrgl. unten), das Bild des Spaltes und der Sonne, dessen Darstellung der *Boll*'sche Versuch voraussetzt, am Augengrunde durchscheinen zu sehen, zeigte auch sofort die Unmöglichkeit das Ziel zu erreichen, denn das Einzige, was man scharf sah, war das kleine Bild der Sonnenscheibe, während die Spaltränder bei jeder gewählten Entfernung in dem diffusen Lichte, welches das ganze Auge erfüllte, sehr schlecht zu unterscheiden waren. Ich legte deshalb noch Frösche absichtlich so in den Sonnenstreif, dass das Bild der Sonne womöglich

nicht, oder ganz peripherisch, sondern das des von der Tischplatte reflectirten Lichtstreifens in's Auge fallen musste, und verschob den Tisch von Zeit zu Zeit der Erdbewegung entgegen, aber auch so blieb der von *Boll* angegebene Erfolg aus, insofern erst nach 20—30 Min. die Lichtwirkung an der Retina, jedoch abermals als eine diffuse zu constatiren und in den meisten Fällen das Pigment der Untersuchung absolut hinderlich war. Schliesslich habe ich denn die Versuche auf meine Weise vorgenommen, indem ich statt des hohen, das ganze Fenster, oder $^1/_3$ bis $^2/_3$ desselben überschneidenden Ladenspaltes den kleinen am Heliostaten nahm und mittelst des Spiegels den Sonnenstreif unbewegt auf dem Auge des Frosches erhielt. Obwohl der Spalt jetzt nur 1 mm. und 2 mm. breit genommen wurde, erzielte ich auf Entfernungen von 12 und 15 Ctm. wieder nur diffuse Veränderungen, und erst als ich die Oeffnung mit einem Stückchen matten Glases deckte, bekam ich meist in Schwarz ausgeführte Optogramme, indem das Epithel hauptsächlich an den vom Bilde nicht eingenommenen Theilen der Retina abriss. Die erforderliche Belichtungszeit betrug 20 Min.

Um gute Optogramme zu erhalten, habe ich in derselben Weise, wie früher am Kaninchenauge, an dem des Frosches erst die zur Entstehung eines scharfen Bildes nöthige Entfernung des Objectes zu bestimmen gesucht, was ich trotz der ausserordentlichen Undurchsichtigkeit*) der Chorioïdea ausführbar fand. Ich

*) Das Froschauge ist in Folge des Chorioïdalpigmentes so undurchsichtig, dass man keine Spur direkten Sonnenlichtes durch dasselbe wahrzunehmen vermag. Ich setzte die Augen lichtdicht in ein Diaphragma, verschloss damit den erweiterten Spalt am Heliostaten und betrachtete die Rückfläche von dem ganz dunklen Zimmer her: es war unmöglich, eine Spur des Sonnenbildchens zu erkennen, und ebenso unmöglich Lichtschimmer durch die Cornea zu bemerken, wenn das Auge umgekehrt gegen die Lichtquelle stand. Dagegen ist der ganze Frosch, in dieser Weise betrachtet, derartig durchsichtig und durchleuchtet, dass man vortrefflich die Lunge

brachte das Auge mit der Cornea auf eine aus Glas geblasene, concave Unterlage, schnitt ein sehr kleines Loch in die Sklera, eben gross genug um die Befestigung des Sehnerven zu lösen, und legte einen Cirkelschnitt um den hintern Pol des Auges, indem ich vorsichtig die eine Scheerenbranche zwischen die Uvea und den Skleralknorpel schob. Man erreicht es so verhältnissmässig leicht, die hintere Bedeckung des Bulbus in Gestalt eines kleinen, recht durchsichtigen Napfes abzuheben. Schwieriger ist es, darunter die Uvea und das Pigmentepithel ohne Schaden für die Retina zu entfernen und es ist dies nur am Auge von Dunkelfröschen ausführbar. Kleine Risse in der Retina schaden nicht, falls vom Glaskörper nichts ausrinnt. Sind die undurchsichtigen Häute entfernt, so deckt man das Sklerastückchen wieder auf die alte Stelle, indem die zusammengehörigen, an Unregelmässigkeiten der Schnittführung leicht kenntlichen Randtheile auf einander gepasst werden; hierauf kommt das Auge in ein ganz kleines, am Boden mit einem Sehloche versehenes, schwarzes Pappkästchen, dessen Rand so abgeschnitten wird, dass ein übergelegtes und mit Klebwachs befestigtes Deckgläschen den hintern Augenpol gerade berührt. Indem man die Seitenfläche des Kästchens auf ein Stäbchen spiesst, erhält man ein zur Untersuchung des Netzhautbildes handliches und äusserst zierliches Präparat, an welchem das Bild so deutlich durch den Hyalinknorpel des Skleraldeckels schimmert, dass man dasselbe mit der Loupe beobachten kann. Von einer Gasflamme oder von einer schwarzen Figur auf mattem gegen das Tageslicht gewendeten Glase erhielt

---

mit den Gefässen, die Leber und besonders das schlagende Herz erkennen kann. Ich möchte nicht versäumen, auf das Letztere aufmerksam zu machen, weil manchen Fachgenossen mit dem einfachen Mittel, die wichtigsten innern Organe ohne Blosslegung betrachten zu können, gedient sein dürfte. Es wäre zu versuchen, ob nicht an gut rasirten Kaninchen die Eingeweide des Thorax, nöthigenfalls nach dem Anlegen zweier gegenüberstehender, nur die Haut entfernender Fenster ebenso sichtbar zu machen sind.

ich scharfe Bilder, wenn ich die Cornea um 12—15 Ctm. entfernte, doch blieben dieselben unter entsprechender Verkleinerung noch hinreichend deutlich bei 40 — 50 Ctm. Abstand. Ich will nicht behaupten, dass die Verhältnisse an dem hergerichteten Auge ganz die nämlichen seien, wie in dem am Kopfe befindlichen, unberührten, aber ich habe niemals fehlgegriffen, wenn ich beim Curarefrosche das Object 15 Ctm. vom Auge entfernt aufstellte, und stets Optogramme von untadelhafter Schärfe erhalten, wenn die übrigen Bedingungen die richtigen waren.

Als Object habe ich die Gasflamme aufgegeben, weil die Wiedererkennung ihrer Gestalt im Bilde häufig gerechten Einwendungen unterliegt, schon wegen der nicht controlirbaren Bewegung der züngelnden Spitzen und Ränder und vollends, wenn Falten durch das Bild gehen. Ausserdem können gewisse, zuweilen sehr scharf gezeichnete Pseudooptogramme, welche von dem auch bei Dunkelfröschen häufig vorkommenden Ausreissen ganzer Stäbchengebiete herrühren, zu Täuschungen führen; man unterscheidet diese oft mehrere Quadratmillimeter grossen purpurfreien Ausschnitte leicht von Optogrammen durch mikroskopische Untersuchung, welche die fraglichen Stellen ausschliesslich mit den farblosen Zapfen reichlich besetzt zeigt. Statt der Flamme nehme ich jetzt ähnliche Gegenstände, wie beim Kaninchen, nämlich eine matte Glastafel von 45 und 55 Ctm. Seite, der längeren Seite parallel mit 5 hellen und 4 undurchsichtigen, schwarzen Streifen von je 5 Ctm. Breite versehen. Dieselbe bildet den unteren Verschluss eines in geringer Höhe über dem Arbeitstische beginnenden, in die Decke des Dunkelzimmers eingesetzten und auf das Dach mündenden, lichtdichten Trichters, dessen obere gegen den Himmel gewendete Oeffnung durch eine grössere, schräg nach Süden gewendete Glastafel gedeckt wird. Bei sehr hellem Wetter oder Sonnenschein wird das Licht durch matte Glastafeln über dem Objecte abgeschwächt.

Hinsichtlich der geeigneten Intensität ist z. Zt. nur ganz allgemein anzuführen, dass mir sehr trübe Tage (im September Nachmittags von 3 — 5 Uhr) die besten Optogramme geliefert haben und zwar nach sehr langer Exposition in 1 — $1^1/_2$ und 2 Stunden. An solchen dunkeln Tagen genügte Mitte September jedoch die Zeit von 3—6 Uhr (also 3 Stunden), das Optogramm vollständig zu verderben, indem das Pigment nirgends von der Retina mehr abzulösen war. Fiel Sonnenschein auf den oberen Verschluss meiner Vorrichtung, ohne die untere Platte direct zu treffen (die Wände des 280 Ctm. hohen, oben 4270□ Ctm. weiten Trichters sind innen weiss gestrichen), so waren ohne Dämpfung 30 Min. Exposition erforderlich, aber ich erhielt bisher auf diese Weise selten hinlänglich pigmentfreie Netzhäute, um mehr als Theile des Optogramms erkennen zu können. Die Frösche lege ich im curarisirten Zustande auf eine Unterlage von weicher schwarzer Wolle so unter das Centrum des Objectes, dass die Cornea des in der Regel durch einen in's Maul geklemmten Papierballen etwas vorgedrängten und von der Nickhaut befreiten Auges 15 Ctm. davon entfernt ist. Atropin anzuwenden fand ich überflüssig, da die Verengung der Pupille, die bei den Curarefröschen übrigens nur auf der belichteten Seite auffällig war, nicht nachtheilig schien. Wenn es die Beleuchtung gestattet, in einer Stunde mit dem einen Auge fertig zu werden, so pflege ich die nächste Stunde zur Herstellung des Optogramms auf der andern Seite derselben Thiere zu benutzen, indem ich dieselbe einfach umwende.

Nach dem genannten Verfahren ist es nun möglich so grosse Optogramme zu erhalten, dass die Bildränder ausserhalb des Kreisschnittes fallen, durch den die Retina beim Herauslösen gewöhnlich begrenzt wird und man kann daher das Präparat selbst dann noch brauchen, wenn es zerrissen oder gefaltet zur Ansicht kommt. Lag der Frosch nicht unter dem Centrum des Objectes

oder war er etwas um die Längsaxe gedreht, so pflegt eine Ecke des Rahmens mit grosser Schärfe hervorzutreten. Jederzeit ist aber mit Sicherheit auf die Abbildung mehrerer heller Streifen des Objectes zu rechnen, welche im Centrum der Netzhaut mit untadelhafter Schärfe nahezu parallel verlaufend, durch purpurfarbene Bänder getrennt zum Vorschein kommen. Nach zu langer Exposition sind die hellen Streifen des Optogramms breiter als die farbigen, die letzteren mehr brandroth. Wo die gefärbten und die farblosen Streifen gleiche Breite hatten (wie die dunkeln und hellen des Objectes), fand ich diese im Centrum des Bildes und der Retina etwa = 0,6 mm. und in diesen Fällen war die Zeichnung so scharf, dass sie, selbst mikroskopisch (*Hartnack*, Syst. 7) betrachtet, kaum verlor.

Froschoptogramme bleiben häufig trotz nachträglicher vollständiger Ausbleichung der isolirten Retina noch kenntlich, indem die vorher farblosen Streifen grau tingirt, also dunkler zum Vorschein kommen, als diejenigen, welche purpurfarben waren. Dies rührt von der Einlagerung schwarzen Pigments zwischen den Stäbchen her, denn wenn man auch mit der schwachen Belichtung das unlösbare Haften der Stäbchenschicht am gesammten Epithel vermeidet, so werden doch bei diesem Verfahren (vollends nach etwas intensiverer Belichtung) die Pigment tragenden Epithelfortsätze an den belichteten Stellen so fest zwischen die Stäbchen geklemmt, dass sie beim Abziehen der Netzhaut von ihren Ursprüngen an den Zellen abreissen. In einer folgenden Abhandlung wird eingehend bewiesen werden, dass dies auf einer durch das Licht im lebenden Auge erzeugten messbaren Anschwellung der Stäbchen im Dickendurchmesser beruht. Vorläufig will ich dazu hier nur bemerken, dass die unteren sog. Innenglieder der Stäbchen, bis zu welchen das Pigment dringen kann, im Querschnitte nicht kreisförmig, sondern kantig, meist sechseckig sind und durch keine weiten Zwischenräume, wie am hintern Ende, sondern nur durch

lineare, äusserst schmale von einander getrennt sind. Daher rührt auch die gänzlich verschiedene Zeichnung, welche die Stäbchenmosaik beim Anblick einer ungedrückten Froschnetzhaut von der vorderen Fläche gewährt. Alle Stücke des Musters sind hier eckig und hart aneinander gepresst, die grösseren helldurchsichtig, die kleineren, oft dreieckigen, grau bis grauschwarz und es entsprechen die ersteren den Stäbchen, welche das Licht durchlassen, die letzteren den Zapfen, deren conische Aussenglieder den grössten Theil des von unten und hinten kommenden Lichtes durch Reflexion am Durchgange hindern. Einzelne grössere Sechsecke von ähnlich grau trübem Aussehen entsprechen zufällig schief gestellten Stäbchen. Wie in den engen unteren Zwischenräumen die Fortsätze der Pigmentzellen schon im Beginn des Anschwellens der Stäbchen fixirt werden, begreift man daher leicht.

Es kann auffallen, dass die Optographie am lebenden Frosche bei dem schlechtesten Tageslichte und selbst bei Gaslicht möglich ist, während doch im Zimmer gehaltene Frösche ohne direktes Sonnenlicht den Sehpurpur nicht einbüssen. Erwägt man indess, dass die Netzhaut der mit Curare gelähmten Thiere während der Exposition ununterbrochen immer an den nämlichen Stellen der Lichtwirkung unterliegt, so wird die Thatsache wohl verständlich. Ich habe Frösche unter Glaskästen neben den curarisirten so verweilen lassen, dass ihre Augen nahezu in gleicher Entfernung vom Objecte blieben, wie die der übrigen, und ihre Retina, nach dem Betrachten des Optogrammes an den gelähmten, untersucht, aber keine Spuren von Ausbleichung daran zu erkennen vermocht. Als ich dagegen über einen unvergifteten Frosch ein so enges Glas stülpte, dass er seine Bewegungen wegen des Hindernisses bald einstellte und hoch aufgerichtet stille sass, fand ich in jedem seiner Augen eine peripherische, wahrscheinlich schräg unten gelegene Stelle der Netzhaut erblasst.

Die Optographie ist im weitesten Sinne das Mittel gewesen, die locale Wirkung des Lichtes auf die Retina beim Sehen objectiv nachzuweisen, denn sie bewies allein und zuerst, dass das Licht nicht, weil es überhaupt in's Auge gelangt oder weil es irgendwie die Retina erreicht, die Farbe der Netzhaut ändert, sondern dass es dies nur da thut, wo es die gefärbten Elemente trifft. Methodische und zahlreiche mühsame Versuche, die ich ausführte, haben diesen Satz über jeden Zweifel festgestellt und ich bin desshalb nicht gewillt, mir die Priorität oder das Verdienst derselben nehmen zu lassen. Ich würde dies thun, wenn ich Herrn *Boll's* Ausdruck (Accad. d. Lincei 4. Febr. 1877 p. 73), dass meine Versuche seine Resultate über locale Lichtwirkung auf die Retina „*brillantemente*" bestätigten, acceptirte, und erhebe vielmehr gegen denselben Einspruch, nicht nur, weil meine optographischen Versuche vor dem 4. Febr. (am 20. und 27. Jan. Centralbl. f. d. Med. W.) publicirt wurden, sondern weil *Boll* in seinen jetzt vorliegenden ausführlichen Publicationen (l. c.) beweist, dass er unter Umständen ein Optogramm erhalten zu haben glaubte, unter welchen dasselbe, wie vorhin nachgewiesen, niemals auftreten kann. Indem ich Herrn *Helmholtz*'s Ausspruch *), dass „die jetzige Art Prioritätsfragen nur nach dem Datum der ersten Veröffentlichung zu entscheiden, ohne dabei die Reife der Arbeit zu beachten" ein Unwesen sei, vollkommen beipflichte und von den genannten Daten sowohl, wie von Herrn *Boll*'s Verfahren, das seinen einzigen, obenein unmöglichen Versuch einmal in die Zeit vom 6. Dec. 1876 bis zum 4. Febr. 1877 (Acc. d. L.), das andere Mal (Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 9 u. 10) vor den 12. Nov. 1876 verlegt, absehen kann, betone ich mit um so grösserem Nachdrucke, in welcher Weise die Optographie bis heute und von mir allein ausgearbeitet worden ist.

*) *H. Helmholtz,* Rede: Das Denken in der Medicin. Berlin 1877, *Hirschwald*'s Verlag.

Umgekehrt kann ich Herrn *Boll* nicht das Recht zugestehen, ihm ungünstige Publicationsdaten bezüglich einer andern hier unmittelbar anknüpfenden Frage zu ignoriren, wie er es bei der Erörterung der nach seiner Aussage vor dem 28. Nov. von ihm, zur Entscheidung der Bedeutungslosigkeit des Absterbens für das Ausbleichen des Sehpurpurs, vorgenommenen Versuche, den meinigen gegenüber in seiner ausführlichen Abhandlung (datirt v. 6. März 1877) thut. Indem Herr *Boll* meine vollkommen beweisenden Experimente, die schon am 5. Jan. publicirt wurden, übergeht, unternimmt er es zu zeigen, dass er die für die Beziehungen des Sehpurpurs zum Sehen wesentlichste aller Thatsachen, dass nur das Licht die isolirte oder absterbende Retina bleiche, vor mir in dem Augenblicke gefunden habe, wo er das Gegentheil publicirte. Als ihm Bedenken hinsichtlich der Bedeutung des Absterbens, dem er das Bleichen der isolirten Retina ausschliesslich zugeschrieben hatte, kamen, köpfte er, seiner Erzählung nach, Frösche und untersuchte er die Augen von 5 zu 5 Minuten, endlich nach 24 Stunden. Er fand die Netzhaut immer noch gefärbt und dies dient ihm noch heute zum Belege, dass abgestorbene Netzhäute unverändert in der Farbe sind. Wer die Lebenseigenschaften der Gewebe des Frosches kennt, kann offenbar nie und nimmer glauben, dass die Netzhaut gleich absterbe, weil der Frosch geköpft wird, denn es ist ja bekannt, dass sie auf Lichtreiz Erregungen noch lange auf die Iris überträgt. Niemand kann darum verstehen, wie Herr *Boll* nur auf den Gedanken kam, in den nächsten Minuten und Stunden nach dem Köpfen die Retina abgestorben zu finden, und wenn er es nach 24 Stunden für sicher hielt, so begreift man dies schon eher, aber verlangt doch Angesichts der Thatsache, dass besonders im December zu dieser Zeit noch Nerven, Muskeln und vollends weisse Blutkörperchen überleben, Beweise. Dagegen war es sehr fraglich, ob die an ihren beiden äusseren Blättern, der

Stäbchen- und der Epithelschicht aufgerissene Netzhaut noch überlebe, da man den nackt zu Tage liegenden Stäbchen wohl ein ähnliches Verhalten, wie das eines angerissenen Muskels, der in der Nähe der Verletzung fast momentan abstirbt, zutrauen durfte. Hier konnte nur ein Versuch helfen, nämlich die im Dunkeln oder vor unwirksamem Lichte isolirte Retina im Dunkeln zu lassen und sich zu überzeugen, dass sie niemals eher entfärbt wird, als bis das Licht darauf scheint. Diesen allein entscheidenden Versuch habe ich gemacht und Herrn *Boll* ist er bis heute noch nicht einmal nöthig erschienen. Ich bin aber bekanntlich dabei nicht stehen geblieben, denn es kamen mir immer noch Bedenken gegen die Beweiskraft des Versuches, da man ja von keinem darauf ununtersuchten Gewebe wissen kann, wann es die physiologische Leistungsfähigkeit eingebüsst hat. Von den Stäbchen konnte man es speciell nicht wissen, ob sie nicht sehr lange überleben und war dies der Fall, so konnte eine in allen anderen Schichten schon abgestorbene Netzhaut mir noch den Streich spielen durch Licht erregt zu werden und in Folge der Erregung, dann natürlich im Lichte erst, schnell abzusterben und sich desshalb zu entfärben; nach Analogieen für ein derartiges Verhalten braucht man in der That nicht weit zu suchen. Wie ich solchen Einwänden, die Andere nicht berührt zu haben scheinen, sicher begegnete, ist bekannt und bedarf der Wiederholung nicht, fordert aber den Vergleich heraus gegen eine Methodik, die in der gelegentlichen Beobachtung, dass die Netzhaut bei trübem Wetter langsamer bleicht, als bei klarem, schon Beweise erblickt, dass das Absterben nicht Schuld daran sei, oder die in dem Umstande, dass die Ora serrata belichteter Frösche zuweilen ausschliesslich geröthet ist, locale Wirkung des Lichtes bewiesen findet. Wie oft muss es denn immer wieder gesagt werden, dass unsere Experimentirkunst dazu da ist um die Beweise zu schaffen, dass die

Ursache, die wir einer Erscheinung unterlegen, wirklich die einzige und wesentliche sei?

Da Herr *Boll* sich nur auf Versuche bezieht, von denen eben nachgewiesen wurde, dass sie absolut nichts Entscheidendes für die Frage nach der Wirksamkeit des Absterbens auf den Sehpurpur enthalten, so hat es für seine Ansprüche keinen Werth, ob er dieselben in der Correktur seiner ersten Veröffentlichung „implicite andeutete“ oder nicht. Er behauptet es gethan zu haben durch den Hinweis auf die rapide Entfärbung der Netzhaut „wenigstens bei Warmblütern“ (l. c.) („besonders bei Warmblütern“ heisst es im Texte, Berl. Acad. Ber. 23. Nov. 1877) nach dem Tode, aber ich muss bemerken, dass der Leser damit nur bestärkt werden konnte, dem Verfasser die Verwechselung des Lichteinflusses mit dem des Absterbens zuzuschreiben, weil das schnellere Absterben vieler Gewebe bei Warmblütern notorisch ist.

Hinsichtlich meiner Ansprüche hat dagegen jener Zusatz im Sinne seines Verfassers Werth, denn er zeigt, dass Herr *Boll* zu der Zeit, auf welche er meinen Versuchen gegenüber Gewicht legt, nicht wusste, dass auch im Säugethierauge die Retinafarbe den Tod um Tage und die heftigste Fäulniss überdauert. Noch heute nimmt *Boll* gegen diese meine leicht zu bestätigenden Befunde an, dass die Netzhautfarbe nach 24 Stunden ohne Licht „ziemlich plötzlich“ vergehe (l. c. p. 11). Wenn man weiss, dass einzelne Gewebe und Elementarorganismen der Säuger, z. B. das rechte Herzohr, die weissen Blutkörperchen, Flimmerzellen und Samenfaden diese Zeit ganz gut überleben können, so sieht man, dass Herrn *Boll* auch heute noch die bindenden Beweise für die Unwirksamkeit des Absterbens fehlen und man könnte Niemanden ohne die Versuche, welche ausschliesslich mein Eigenthum sind, widerlegen, wenn er Leichenprocessen zuschriebe, was Wirkung des Lichtes in der Netzhaut ist.

Ich habe das von mir bewiesene Factum, dass nicht das Ab-

sterben, sondern ausschliesslich das Licht die Ursache der Entfärbung einer isolirten Retina ist, die wichtigste aller Thatsachen für die Bedeutung des Sehpurpurs zum Sehen genannt. Es liegt mir fern, damit die Bedeutung der *Boll*'schen Entdeckung, dass im Leben gehörig belichtete Frösche farblose Netzhäute bekommen, die den Ausgang aller heute vorliegenden Arbeiten über den Sehpurpur bildet und in dieser Beziehung bahnbrechend ist, abschwächen zu wollen und ich erkenne auch Herrn *Boll*'s Verdienst, das allgemeinere Vorkommen der Netzhautfarbe erkannt zu haben, bereitwillig an, obwohl ich gewünscht hätte, dass er in klarerer Weise, als es durch die Andeutungen in der Sitzung der Accad. d. Lincei vom 6. März geschehen, seine Bekanntschaft mit Max *Schultze*'s darauf bezüglichen Beobachtungen erklärt hätte. Weder das literarische Verhalten Herrn *Boll*'s, noch die Unterstützung, welche er sich Seitens des Redacteurs der Annales d'Oculistique und Verfassers des traurigen academischen Berichtes über die Louise Lateau gefallen lässt, werden mich von dieser Anerkennung abwendig machen. Verdienste, die Herr *Boll* darüber hinaus gegen mich in Anspruch nimmt, bestreite ich dagegen auf das Bestimmteste, denn sie fussen auf meinen Beobachtungen und waren seinen wissenschaftlichen Methoden unzugänglich.

In der Lehre vom Sehpurpur ist der Fall eingetreten, dass sich das Verhalten eines abgestorbenen, in seiner Gesammtleistung zerstörten Gewebes als Angelpunkt zur Erkenntniss der wichtigsten Vorgänge im lebenden herausstellt: ein an der Leiche zu constatirendes Phänomen eröffnete allein das Verständniss des Lebensvorganges. Wusste man nicht, dass der Sehpurpur in der todten Netzhaut und ganz unabhängig von der Beschaffenheit seines Standortes durch Licht entfärbt wird, so wusste man nicht, ob er in der lebenden Netzhaut durch Licht zersetzt oder durch Resorption entfernt werde; man wusste ferner nicht, was Herr

Boll von seinen Erfahrungen aus, mit Recht noch immer nicht wissen will, ob die Färbung auf einem chemischen Körper, die Entfärbung auf einem photochemischen Processe beim Sehen beruhe, man wusste endlich nicht, ob die Purpurbleiche nicht ein secundäres Phänomen an dem gereizten nervösen Organe sei, etwa der Säuerung des gereizten Muskels vergleichbar, man wusste also nicht, dass das Licht eine primäre Veränderung hervorbringt, die zum Nervenreize werden kann. Dass es heute so viele Antworten, wie jene Fragen gibt, ist die Frucht einer histologischen Untersuchung, welche sich von der Arbeit *Boll*'s darin unterscheidet, dass sie von der Beobachtung überall erst zum Experimente schritt, bevor sie wagte zu deduciren und den Boden der Speculation zu betreten.

Heidelberg, den 21. Sept. 1877.

Eine Beobachtung über das Leuchten der Insectenaugen.

Von **W. Kühne.**

Das Leuchten der Augen vieler nächtlich fliegender Schmetterlinge ist zwar sehr bekannt und seit *Roesel*, *Kleemann* u. A. vielfach beschrieben, aber es gibt darüber noch keine eingehende Untersuchung, welche das schöne und auffallende Phänomen so verständlich machte, wie es einst das Leuchten des einfachen Auges durch *Brücke's* classische Arbeiten wurde. Ich muss es mir aus Mangel sowohl an Material, wie an Erfahrung über den Bau des facettirten Auges, über welches die grossartigen Untersuchungen *Grenacher's* (Beilageheft z. d. klin. Monatsblät. für Augenheilk. XV. Mai) soeben erst neue und ungeahnte Aufschlüsse geben, leider auch versagen, tiefer als Andere auf den Gegenstand einzugehen, aber ich glaube einiger Beobachtungen, die ich im zufälligen Besitze weniger Exemplare von Acherontia atropos und von Notodon (trilophus?) machte, erwähnen zu dürfen, da dieselben meines Wissens neu sind und vielleicht Anregung zu weiterem Studium der Sache geben werden.

An den grossen vorstehenden Augen des Todtenkopfes ist das Leuchten Abends bei Lampenlicht ausserordentlich leicht zu bemerken; der Kopf des Thieres scheint zwei rothglühende Kohlen zu tragen, welche der Art den Eindruck des Selbstleuchtens

machen, dass man Mühe hat, sich von der ausschliesslich in Reflexion von Licht bestehenden Ursache zu überzeugen. Wenn ich in einer vollkommen geschwärzten Kammer, wo nichts wie mein Gesicht, Hände oder Wäsche bemerkbares Licht reflectirten, den Schmetterling unter den Tisch hielt, worauf die Lampe stand, so blieb das Leuchten noch höchst auffällig, obwohl der Träger der Augen kaum mehr zu erkennen war. Begreiflich genügte es die Flamme zu löschen, oder das eigene Auge und Gesicht so zu beschatten, dass kein Licht auf das Object reflectirte, um die Erscheinung sofort aufzuheben. Bei Notodon fand ich den Glanz des kleinen Auges zwar noch heller, im Gaslicht mehr gelblich, aber es bedurfte ähnlicher Cautelen, wie beim Säugerauge, oder des Augenspiegels um das Leuchten zu erkennen.

Da mich die intensiv rothe Farbe des leuchtenden Todtenkopfauges in Rücksicht auf die Annahme *Leydig's* (Archiv für Naturg. XXXXIII. 1. Bd.), dass die Purpurfärbung der Sehstäbe sich daran betheilige, interessirte, wollte ich die Untersuchung am Tage vornehmen, indem ich zerstreutes weisses Himmelslicht vom Heliostaten durch eine kleine Oeffnung in's Dunkelzimmer treten liess. Zu meinem Erstaunen war (11 Uhr Morgens) keine Spur des Leuchtens wahrzunehmen, sondern die Augen schienen an der Cornea wie mit dünnem Mattglase überzogen. Ebenso verhielten sie sich jetzt bei Lampenlicht und trotz Zuhülfenahme des Augenspiegels war erst Abends 6 Uhr wieder etwas von der Erscheinung zu bemerken, indess weniger intensiv als früher und nur bei bestimmten Stellungen des Kopfes zur Richtung des auffallenden Lichtes gut kenntlich. Sah ich das Auge von der Seite an, so erblickte ich nur ein kleines dreieckiges, leuchtendes Feld, in dem sich einige schwarze Figuren befanden, während ich von vorn ein grösseres rothglänzendes, kreisförmiges Bild sah. Nachdem ich dem Thiere bis 10 Uhr Abends Ruhe gelassen, fand ich die Augen wieder so auffällig und unter denselben Um-

ständen feurig glühend, wie am Abend zuvor, aber ich bemerkte, dass sie während des Augenspiegelns matter wurden, indem sich die lichte Kreisfläche unregelmässig einengte und schwarze Figuren darin auftraten. Wurde das vorspringende Auge aus anderer Richtung, mehr von vorn oder von oben betrachtet, so hatte man von Neuem das Bild einer grossen leuchtenden Scheibe, an welcher sich das Erlöschen ähnlich wiederholte. Nach viertel- bis halbstündigem Verweilen im Dunkeln war die Erscheinung abermals so glänzend wie zuvor. Offenbar brachte also Blendung im Auge die Veränderung hervor, welche die Rückkehr des einfallenden Lichtes zur Leuchtquelle oder zu meinem Auge hemmte. Um darüber Sicherheit zu haben, beleuchtete ich das wieder im Dunkeln ausgeruhte Auge mit der Flamme eines rasch abbrennenden 20 Ctr. langen Magnesiumbandes, während ich das der andern Seite mit schwarzer Wolle bedeckt hielt. Augenblicklich trat der erwartete Erfolg ein: in dem geblendeten Auge war jede Spur des Leuchtens erloschen, während das geschützte sich verhielt wie zuvor. So blieb das Verhalten während einer Stunde und vermuthlich während des grössten Theiles der Nacht, denn als ich am folgenden Morgen um 8 Uhr nachsah, fand ich am rechten (geblendeten) Auge immer noch kein Leuchten, während das linke, wie man es auch betrachtete, überall ein freilich sehr kleines, aber deutlich leuchtendes, kreisförmiges Feld erkennen liess. Um 10, 1, 4 und 6 Uhr war auch dieses verschwunden, Abends $8^1/_2$ Uhr der normale Glanz beiderseits zurückgekehrt. Ich überzeugte mich um 11 Uhr nochmals von der vollen Entwicklung des Phänomens, ohne lange zu beobachten, da ich Blendung vermeiden wollte, und besah mir die Augen am dritten Morgen um $7^1/_2$, 8 und 9 Uhr wieder. Jetzt war das allmählige Schwinden des Glanzes abermals zu constatiren, um 9 Uhr garnichts mehr davon zu bemerken und so blieb es bis 5 Uhr Nachmittags, wo das Leuchten wieder begann, um gegen

8 Uhr die grösste Intensität und Ausdehnung zu erreichen. Ebenso verlief der vierte Tag, aber Abends war die Erscheinung weniger intensiv, die scheinbaren Glühflächen kleiner und unregelmässig gestaltet; das Thier war jetzt ziemlich matt und zirpte nicht mehr beim Anfassen. Ich stellte noch einen Blendungsversuch an und bemerkte, dass es längerer Magnesiumbelichtung und vieler Wendungen des Kopfes gegen die Flamme bedurfte, bis das Auge aus jeder Richtung betrachtet, glanzlos erschien. Mit aller wünschenswerthen Deutlichkeit sah ich jetzt, dass das Leuchten lokal verging, und z. B. nach blos seitlicher Belichtung von vorn und von oben noch recht intensiv auftauchte, als man von der Seite garnichts mehr bemerken konnte. Am fünften Tage, Morgens 9 Uhr, fand ich das Thier todt, das geblendete Auge vollkommen dunkel, während das linke von vorn und von der Seite, mit dem Augenspiegel betrachtet, noch ein sehr kleines, leuchtendes Scheibchen darbot, das jetzt vorgenommener längerer Magnesiumbelichtung Stand hielt. In den vor Natronlicht zerzupften Augen fand ich die Krystallkegel gut erhalten und diffus verbreitetes braun-violettes Pigment, das gegen andauerndes Tageslicht beständig war.

Bei einem 2ten sehr matten Exemplare von Acherontia mit unentfalteten Flügeln, sah ich weder am Tage, noch Abends irgend welche Spur von Leuchten. Herr Dr. *Weiss*, der mir das, übrigens am folgenden Tage sterbende, Thier brachte, berichtete, dass die Augen Tags zuvor um Mittag geleuchtet hätten und dass Magnesiumblendung wirkungslos gewesen sei.

Es wird durch fernere Beobachtungen festzustellen sein, ob das Erlöschen des Leuchtens trotz Verdunklung am Tage, wie ich es beobachtete, häufig und normal ist. *Max Schultze* gibt für Sphinx convolvuli (Die zusammengesetzten Augen der Krebse und Insecten, Bonn 1868) sehr entschieden an, dass die Augen am Tage und im dunkeln Keller geleuchtet hätten. Da ich seine

Angaben kannte, habe ich nach dem widersprechenden Befunde nicht versäumt, meine Augen vor der Untersuchung sehr gründlich im Dunkelzimmer auszuruhen, obwohl ich garnicht bezweifelte, dass das feurige Glühen, das man Abends sieht, unter allen Umständen sichtbar sein müsse, sobald es vorhanden ist. Ich muss desshalb *Leydig's* Zweifeln, ob die Erscheinung zu jeder Tageszeit vorkomme (vergl. *Leydig*. Das Auge der Gliederthiere. Tübingen 1864), beitreten, aber als sicher hinzufügen, dass bei lebenskräftigen Thieren das Augenleuchten unter einer Bedingung constant erlischt, d. i. nach der Blendung.

Am Auge von Notodon fand ich, wie schon erwähnt, sehr intensives, nicht rothes, sondern gelbliches Leuchten, und da es an zwei sehr lebhaften Exemplaren den ganzen Tag bestand, konnte ich es auch mit Sonnenlicht erzeugen, worin es fast so weiss wie der Reflex eines Silberspiegels aussah. Im Centrum der kleinen blinkenden Scheibe bemerkte ich ein undeutliches, dunkles Pünktchen, das vielleicht dem eigenthümlichen Verhalten des Centrums der Retinula vieler zusammengesetzter Augen (vergl. *Grenacher* l. c.) entspricht. Wenige Minuten der intensiven Belichtung genügten, das Auge schwarz erscheinen zu lassen, wobei der helle Kreis sehr regelmässig von aussen her einging. Bis zur Rückkehr des ersten kleinen centralen Lichtpünktchens verging eine, bis zur vollen Entwicklung der hellen Scheibe $1^1/_2$ Stunde. Je öfter der Versuch mit Sonnen- oder Magnesiumlicht wiederholt wurde, desto später und unvollkommener wurde das Leuchten beschränkt und wieder hergestellt, und bei dem einen Exemplare, das durch unvorsichtiges Anfassen gelitten hatte, war schliesslich die schon sehr klein gewordene lichte Fläche gar nicht mehr zu beseitigen. Als ich das andere Thier mit Chloroform tödtete, fand ich die vor der Betäubung maximal leuchtenden Augen vollkommen glanzlos. Die herausgenommenen Augen gaben denselben schmutzigvioletten, lichtbeständigen Pigmentbrei, wie die des Todtenkopfes.

Wenn festgestellt sein wird, wo die Reflexion des aus dem Insectenauge zurückkehrenden Lichtes stattfindet, wird man mehr als Vermuthungen über den Mechanismus des Erlöschens aussprechen können. Von manchen Augen werden Tracheen als silberglänzendes Tapetum im Hintergrunde beschrieben und die Inconstanz des Leuchtens auf den wechselnden Gasgehalt derselben zurückgeführt (*Leydig*); andere Augen enthalten Muskeln, alle, wie es scheint, dunkles Pigment. Für die Bedeutung des Letzteren beim Erlöschen des Leuchtens durch Blendung scheint mir besonders die Zeit zu sprechen, welche der Vorgang in Anspruch nimmt, die für den Schwund der Tracheengase zu kurz, für die Action der quergestreiften Muskeln zu lang sein dürfte.

Untersuchungen über den Sehpurpur.

(Fortsetzung von Heft 2. S. 218.)

Von **A. Ewald** und **W. Kühne.**

II. Entstehung der Retinafarbe.

Unabhängig von den allgemeinen durch Blut- und Lymphströmung bewirkten Ernährungsvorgängen erfolgt die Rückkehr der Retinafärbung oder die Tränkung der Stäbchen mit Sehpurpur, nach der Zersetzung durch Licht, in der lichtempfindlichen Membran unter wesentlicher Betheiligung ihrer äussersten epithelialen Schicht. Wir werden diesen Vorgang als Regeneration, das Epithel, dessen Bedeutung für das Sehen damit zum ersten Male erkannt wurde, als den Regenerator, die darin enthaltene, wirksame, an die Stäbchen gelieferte Substanz als Rhodophylin bezeichnen. Mit dieser Namengebung wird so wenig, wie mit der für den Sehpurpur etwa Das bezweckt, was in der Chemie erst nach Reindarstellung neuer Körper üblich ist, sondern nur gesagt, dass eine eigene Substanz mit einer vor der Hand einzig erkennbaren, aber wesentlichen Eigenschaft anzunehmen sei, ein Verfahren, das in der Physiologie unumgänglich ist, wenn ihre Sprache nicht unnöthig beschwert werden soll. Da Fälle, in welchen physiologische Wirkungen auf etwas vom lebenden Organismus Trennbares zurückzuführen sind, zum Glück immer häufiger werden und fast die gesammte physiologische Chemie auf solchen fusst, so ist es an der Zeit, an die Noth-

wendigkeit einer der reinen Chemie gegenüber als vorläufig zu bezeichnenden physiologischen Nomenclatur zu erinnern, die nicht darauf warten kann, dass alle für Lebenserscheinungen wichtige Substanzen ihrer chemischen Constitution nach vollkommen erkannt seien. Um den Unterschied der hinter physiologischen und chemischen Namen stehenden Begriffe zu bezeichnen, dürfte es sich empfehlen, Dinge wie Pepsin, Invertin, Sehpurpur u. s. w., von denen wir z. Zt. nicht wissen, ob sie chemische Individuen oder Mischungen sind, nicht mit dem Worte „Körper“, sondern mit dem Ausdrucke „Substanz“ zu belegen.

Die Regeneration auf Wirkungen solcher Substanzen zurückzuführen, schien uns die erste und wichtigste Aufgabe der weiteren Untersuchung und wir haben, als wir dazu Aussicht fanden, einstweilen von der Fülle anderer Beobachtungen, die sich über den Process hätten anstellen lassen, abgesehen, in der Meinung, dass das allgemeine Interesse, welches er in Rücksicht auf zahlreiche analoge Vorgänge in der Nerven- und Muskelthätigkeit, so wie überall, wo es sich um den räthselhaften Wechsel von Arbeit, Ruhe und Erholung handelt, bietet, bald von anderer Seite Bearbeitung finden wird. Ausserdem scheint uns das Anknüpfen der Heringschen Hypothese über Dissimilations- und Assimilationsprocesse im Sehacte an die objectiv nachweisbare Zersetzung und Rückbildung des Purpurs so naheliegend, dass wir die Ausbildung dieser Basis einer in gleicher Richtung zu bildenden Theorie für um so nothwendiger hielten.

Von der Autoregeneration.

Seit lange war dem Einen von uns aufgefallen, dass Froschnetzhäute der Entfärbung durch Licht unter Umständen ungewöhnlichen Widerstand leisten, wo an eine Betheiligung des regenerirenden Epithels kaum zu denken war. Retinae ohne jede Spur mikroskopisch sichtbaren Epithelpigments vom Augengrunde ab-

gezogen, zeigten vertical aufgestellt am unteren Theile langsamere Ausbleichung, als am oberen, wie wenn etwas die Entfärbung Hemmendes herabgeflossen wäre. Dies gab Veranlassung, nachzusehen, ob reine epithelfreie Retinae nach vollkommener Ausbleichung im Dunkeln wieder Farbe annähmen.

Um die Netzhaut jeder Zeit von der Epithelschicht lockern zu können, empfehlen wir, die Dunkelfrösche lebend einige Stunden in Wasser von 30° C. zu setzen. Es ist zwar im Allgemeinen richtig, dass das Epithel, wie auch Herr *Boll* fand, bei Dunkelfröschen den Stäbchen nicht, bei belichteten sehr fest anhaftet, aber es giebt noch viele andere Bedingungen als Licht und Dunkelheit, welche auf den Zusammenhang der Stäbchen mit dem Epithel von ebenso grossem Einflusse sind. So lange wir diese Bedingungen nicht kannten, mussten wir die Lockerung der beiden äussersten Netzhautschichten in der Dunkelheit für inconstant halten, aber es ist uns gelungen, die Ursache der Unregelmässigkeiten z. Th. aufzudecken und seitdem Präparate jeden gewünschten Verhaltens herzustellen. Vor Allem ist die Temperatur von ausserordentlichem Einflusse, ausserdem die Erhaltung des Kreislaufes im Bulbus. Frösche, welche 1—2 Stunden in Eiswasser gehalten wurden, liefern schwarze Netzhäute, indem das ganze Epithel mit ausschlüpft, und nicht viel besser verhalten sich die Präparate von solchen, die bei 5—10° C. im Dunkeln verweilten. Bei erwärmten Fröschen scheint andrerseits $^1/_2$—1-stündiges Liegenlassen der Bulbi im abgeschnittenen Kopfe und trotz Erhaltung von etwa 30° C. dieselbe Erscheinung hervorzurufen, welche wir in diesem Falle von dem gleichzeitigen Erweichen des Bulbus durch Abnahme des intraocularen Druckes bedingt halten. Schnell präparirte Netzhäute erwärmter Dunkelfrösche wurden dagegen meist so rein erhalten, dass man Mühe hatte, mit dem Mikroskope Pigmentkörnchen auf oder zwischen den Stäbchen zu entdecken. Will man darin sicher gehen, so

ist es freilich nöthig das Präparat zu zerzupfen oder zu drücken, denn wenn man von hinten auf eine ordnungsmässig erhaltene Stäbchenschicht blickt, findet man alle Zwischenräume ausser den Stäbchenquerschnitten dunkel, fast schwarz, ohne dass Pigment daran Schuld wäre, eine Erscheinung, welche von der Brechung des von vorn auffallenden Lichtes durch die Paraboloïde der Innenglieder zur Axe der Aussenglieder und dem Fernhalten alles übrigen Lichtes von den Stäbchenzwischenräumen durch Reflexion an den genannten Gebilden herrührt. Es ist gut, sich nach dem gleich zu beschreibenden Versuche, wenn das Präparat geopfert werden kann, von dem Fehlen des schwarzen Pigmentes zu überzeugen.

Wir legten 2 derartig reine Netzhäute im feuchten Raume so lange an die Sonne bis jede Spur gelber oder chamois Färbung daraus verschwunden war, hielten die eine weiter im diffusen, sehr gemässigten Tageslichte des Zimmers und brachten die andere in's Dunkle. Nach einer Stunde war die letztere leicht chamois, nach 2 und 3 Stunden deutlich rosa und blieb so noch 24 Stunden. Als wir die Präparate am andern Vormittage vertauschten, war der Erfolg wieder so, nur dauerte es etwas länger, bis die zweite Retina die Rosafarbe annahm, und diese war nicht ganz so intensiv, wie an der vorigen, an welcher das Licht sie jetzt wieder verwischt hatte. Da der Versuch mit jeder isolirt gebleichten Retina eintraf und der Tausch oft bis zum 3. Tage mit gleichem Erfolge zu wiederholen war, so wussten wir bereits mit leidlicher Sicherheit, dass es sich hier um etwas Anderes handele, als um die durch *lebendes* Epithel bewirkte und immer viel intensivere Regeneration in Gegenwart des letzteren. Wir wollen die Erscheinung daher als *Autoregeneration* bezeichnen, ohne damit bereits sagen zu wollen, dass nicht *pigmentfreie* Epithelreste, die zwischen den Stäbchen stecken können und dort schwer nachzuweisen wären, daran betheiligt seien. Dieselbe

Autoregeneration sahen wir auch, wenn die Retina nur bis zum Gelb ausgeblichen war; dann wurde sie im Dunkeln vorübergehend chamois, schliesslich rosa, und wenn wir sie im Lichte hatten chamois werden lassen, so schlug dies oft erst zurück in Gelbroth, ehe reines Rosa auftrat. Ganz entfärbte Retinae wurden in den ersten Stadien zuweilen deutlich rein gelb, dann chamois u. s. w.

Um zu sehen, ob sicherlich abgetödtete Netzhäute Autoregeneration besässen, brachten wir die Retina im Dunkeln während 24 Stunden in gesättigte Kochsalzlösung, wuschen sie in weiteren 24 Stunden in NaCl von 0,5 pCt. gründlich aus und legten sie gut abgetropft in's Licht, bis die schöne rosenrothe Farbe verschwunden war. So gelang der Versuch noch besser, insofern die Farben, Gelb, Chamois, Rosa, viel deutlicher nacheinander im Dunkeln auftraten, als an den ungesalzenen Präparaten. Wir können nicht entscheiden, ob dies von wirklich gesteigerter Regeneration oder von der besseren Sichtbarkeit der Farben auf der im Uebrigen viel weisslicher und undurchsichtiger gewordenen Membran herrührte. Das Vertauschen und öftere Wiederholen des Versuches glückte hier ebenfalls besser, wie im früheren.

Da wir jetzt wussten, dass es eine Regeneration des Sehpurpurs giebt, woran sich kein lebendes Gewebe betheiligt, und dass die erstgebildete Farbe Gelb, die letzte Purpur ist, schlossen wir, dass es neben dem Sehgelb und dem Sehweiss eine Substanz in der Netzhaut gebe, welche die Regeneration im Dunkeln bewirke. Liess sich dieses Rhodophylin, dem wir die Wirkung auf die Bleichungsproducte zuschrieben, der Membran entziehen?

Der letzte Versuch wurde so abgeändert, dass wir eine aus der gesättigten Salzlösung genommene Retina in der Sonne mit grösseren Mengen halbprocentiger NaCl-Lösung, also während der Entfärbung auswuschen. Diese in's Dunkle zurückgebracht, zeigte noch nach 24 Stunden keine Spur von Regeneration.

Wurde die Retina wie Anfangs im Dunkeln ausgewaschen und nachher in viel dünner Salzlösung gebleicht, so kehrte ebenfalls keine Farbe zurück. Die Salzlösung hatte also der gebleichten Retina etwas entzogen, das nothwendig war, um die Farbe wieder herzustellen, und wir mussten uns daher fragen, ob das Sehweiss oder das Rhodophylin extrahirt war. Die extrahirte Retina in den Focus der überviolette Strahlen gehalten, fluorescirte ebenso intensiv weisslich grün, wie jede isolirt gebleichte, nicht gewaschene Netzhaut, woraus wir schlossen, dass nicht das Sehweiss, sondern das Rhodophylin in die Salzlösung übergegangen sei (vergl. Heft 2, S. 174). Wir blichen desshalb ein Dutzend pigmentfreier Salzretinae in einer sehr kleinen Menge verdünnter Salzlösung aus und filtrirten im Ganzen einige Tropfen einer etwas opalisirenden, schwach alkalischen Lösung ab. Einige Netzhäute wurden weiter vollkommen ausgewaschen, bis sie die Autoregeneration eingebüsst hatten. Diese mit dem Filtrate im Dunkeln begossen, färbten sich jedoch niemals wieder.

Die Autoregeneration gelang nicht nur in der ½ p. Ct. NaCl haltenden, sondern auch in der gesättigten Lösung; nur dauerte die vollkommene Entfärbung bis zum Schwinden des Sehgelb in der Sonne mehr als eine Stunde, und es bedurfte mindestens 5—8 Stunden, um etwas Gelb, zuweilen eine Spur von Chamois wiederkehren zu sehen; Rosa trat niemals auf. Etwas besser glückte der Versuch in concentrirtem Glycerin, insofern wenigstens ein sehr schwacher rosa Anflug nach 24 Stunden zum Vorschein kam. In NH_3 und in Sodalösung war keine Wiederkehr der Farbe zu bemerken.

Da wir aus unseren Beobachtungen über Fluorescenz der Retina Unterschiede zwischen der lebend und der isolirt gebleichten Netzhaut kannten, deren Ursache wir in dem Fehlen des Sehweiss bei der ersteren vermutheten, schlossen wir, dass Netzhäute, welche intra vitam des Purpurs beraubt worden, der Autorege-

neration unfähig sein müssten. Um den Versuch anzustellen, hatten wir uns epithelfreie, gebleichte Netzhäute zu verschaffen, was auf dem bisherigen Wege durch Erwärmen der Frösche nicht ausführbar war. Wir fanden dazu ein sehr gutes Mittel, indem wir die schon einige Stunden im Freien belichteten Frösche mit Curare vergifteten und so feucht hielten, dass sie in weiteren 3 Stunden ödematös wurden; jetzt kam die Netzhaut trotz ununterbrochener Besonnung so gut und so pigmentfrei aus dem Bulbus, wie bei warm gehaltenen Dunkelfröschen. Sie war natürlich vollkommen farblos, aber sie blieb es auch in der Dunkelheit: es gab da keine Spur von Autoregeneration, und wenn wir sie noch mit NaCl behandelten, wie die isolirt belichteten, so änderte sich darin nichts. Einwände, die wir uns machten, dass das Curare-Oedem neue wesentliche Aenderungen im Auge erzeuge, glauben wir fallen lassen zu dürfen, denn die Regeneration verlief intra vitam im Dunkeln bei diesen Fröschen ebenso wie bei gesunden, ausserdem im exstirpirten Bulbus oder bei Berührung der Stäbchenschicht mit Epithel, ganz so, wie bei allen lebend entpurpurten.

Nach diesen Erfahrungen wussten wir mit Sicherheit, dass es eine Autoregeneration des Sehpurpurs gebe, welche als ein rein chemischer oder physikalischer Process aufzufassen sei, der von allgemeineren und darum unklaren Lebensvorgängen abgetrennt verlaufen kann; aber der vergebliche Versuch, Sehweiss und Rhodophylin erst zu trennen, dann wieder auf einander wirken zu lassen, liess uns zunächst nicht über diese erste Etappe hinauskommen.

Um auf die eingangs erwähnte Beobachtung über das langsamere Ausbleichen des unteren Theiles senkrecht hängender Netzhäute, welche zur Entdeckung der Autoregeneration führte, zurückzukommen, müssen wir bemerken, dass dieselbe augenscheinlich nicht damit zusammenhängt. Wir haben im Gegen-

theile gefunden, dass mit Salzlösung gründlich gespülte Retinae jene Erscheinung niemals zeigen, und schliessen daraus, dass dem gewöhnlichen Netzhautpräparate wirklich regenerirende Epithelreste oder kleine Mengen gelösten Rhodophylins anhaften, welche beim Aufhängen nach abwärts fliessen. So müssen wir schliesslich in dem in dieser Hinsicht gegensätzlichen Verhalten der von allen auswaschbaren Anhängseln befreiten Netzhäute einen starken Grund erkennen, die Autoregeneration einem Rhodophylin zuzuschreiben, das sich in den Stäbchen selbst befindet oder in sie vom Epithel her bereits eingedrungen ist.

Von der epithelialen Regeneration.

Wir wenden uns zur Regeneration mittelst des Epithels, die dem Einen von uns (Heft 1, S. 8) durch das sehr einfache Zurücklegen gebleichter Netzhäute auf den entblössten Epithelgrund gelungen war. Zur Vereinfachung der Darstellung soll hier zunächst ausschliesslich von der Regeneration isolirt gebleichter Netzhäute gehandelt werden.

Man überzeugt sich leicht, dass das Retinaepithel das einzige Gewebe ist, welches die Stäbchen wieder färbt: Einführung gebleichter Netzhäute in den Lymphsack des lebenden Frosches, Auflegen auf eine Schleimhaut, oder auf frische Muskelquerschnitte, Befeuchtung mit Blut oder Lymphe, Speichel, Harn, mit Humor aqueus oder dem Glaskörper haben darauf nicht den mindesten Einfluss, soweit nicht die Autoregeneration, die man kennen muss, dabei in Frage kommt; es ist dabei auch gleichgültig ob die Retina im Lichte nur gelb und chamois oder ob sie ganz farblos geworden ist. Wie auffällig dagegen die Wiederfärbung im Epithelgrunde zu jeder Zeit sein mag, hätten wir doch einige Kritik des Versuches lieber gesehen, als die stillschweigende Verwendung, die er bereits gefunden; wir können dem Leser darum eine Kritik, welche wir nachträglich selber daran übten, nicht ersparen.

Da die Stäbchen sehr häufig nicht sämmtlich mit der Retina aus dem Bulbus kommen, sondern ebenso gut am Epithel streckenweis hängen bleiben, wie dieses an jenen, so kann der Augengrund, in welchen die gebleichte Netzhaut zurückkehrt, noch purpurne Stäbchen enthalten, die mit der letzteren erst zum Vorschein kommen, wenn sie nach einiger Zeit zum zweiten Male herausgenommen wird. Dieser Fall ist gar nicht selten und ereignet sich, wenn die Netzhaut Pseudooptogramme trägt, (vergl. S. 232) immer. Wo das blosse Auge keine Pseudooptogramme erkennt, findet man solche in Gestalt falscher foveae centrales, in denen sich nur noch Zapfen finden, oft mikroskopisch, und da würde eine fleckige oder diffuse und schwache Scheinregeneration eintreten können nur durch Ankleben der zurückgebliebenen Stäbchen. Es war uns deshalb sehr erwünscht, den Versuch mit Fröschen vorzunehmen, deren Retina vollkommen ohne Verlust von Stäbchen zu Tage zu bringen war. Ueberaus sicher wird dies erreicht, wenn man ausser der vorhin erwähnten Erwärmung noch das Curare-Oedem an den Dunkelfröschen zu Hülfe nimmt, wobei selbstverständlich noch darauf zu achten bleibt, dass man das exstirpirte Auge gleich präparire, da trotz aller zum Lockern des Epithels von den Stäbchen angewendeten Mittel, das Haften im isolirten Bulbus sich nach einiger Zeit fast immer wieder einstellt. Wir haben uns viele Male überzeugt, dass auf solche Weise die Retina ohne jeglichen Verlust an Stäbchen hervorzubringen ist, indem wir sowohl den Augengrund, wie die Netzhaut sorgfältig mikroskopisch untersuchten. Zeigte die letztere nirgends nur mit Zapfen besetzte Stellen (wir reden ausschliesslich vom im Aequator halbirten Auge), so wurde auch kein einziges Stäbchen zwischen den nachher entleerten schwarzen Massen des Grundes gefunden, und wenn wir eine so vollkommen zur Ansicht gebrachte Netzhaut nach dem Zurücklegen an den alten Ort wieder ganz gleichmässig purpurfarben fanden, so glauben

wir unsern Einwand für widerlegt halten zu können. So weit es an dem wiedergefärbten Präparate auf umgeklappten Rändern zu constatiren war, fängt die Regeneration an den hinteren Enden der Stäbchen an und schreitet allmählich nach vorn vor. Ob die grünen Stäbchen mit regenerirt werden, ist uns deshalb zweifelhaft, weil an diesen die Autoregeneration schon sehr viel leistet. Dass auch die besterhaltene Retina nicht jedesmal in ihrer ganzen Ausdehnung gleichmässig wieder gefärbt wird, begreift sich, weil es nicht immer gelingt, sie vollkommen glatt in den Augengrund zurückzulegen, trotz aller und oft erfolgreicher Bemühung, sie ganz allmählich vom Rande her mit Vermeidung jeder Luftblase aufzulegen oder sich ansaugen zu lassen. Sehr vollkommen gelingt das Letztere aber, wenn man das Auge weit nach vorn öffnet, so dass die Iris gerade mit fortgenommen wird, und darauf die Netzhaut in toto, an der Linse, als kleines, den Glaskörper einschliessendes Beutelchen hervorzieht. In einigen Fällen, wo dies besonders vollkommen glückte, und wo allerdings auf die mikroskopische Untersuchung zu verzichten war, haben wir das Säckchen ganz unberührt, indem wir es weiter mittelst der Linse festhielten, erst an der Sonne entfärbt, dann in's Dunkle in den Bulbus zurück gebracht und darauf die schönste, vollkommen homogene, sehr intensive Regeneration erzielt.

Im Augengrunde konnte möglicher Weise noch etwas Anderes, als das Epithel den Purpur regeneriren: es war noch an die Chorioïdea, an die Sklera kaum zu denken. Doch haben wir nicht versäumt, die besonnte Netzhaut auch länger in entleerter Sklera liegen zu lassen, wobei indess nie etwas Anderes als die unvergleichlich schwächere Autoregeneration gesehen wurde. Um den Versuch nur auf der Chorioïdea in Abwesenheit allen Epithels anzustellen, verfuhren wir umgekehrt, wie bisher; wir hielten Dunkelfrösche einige Stunden in Eis und Wasser, wonach jede Netzhaut vollkommen mit dem Epithel bedeckt, tief schwarz aus

dem Auge, hervorkam, so dass der Grund ausschliesslich von der ganz undurchsichtigen Chorioïdea überzogen blieb. In diesen gelegte, entfärbte Retinae färbten sich ohne Frage etwas besser, als es die Autoregeneration vermag, aber wir glauben dies nicht der Chorioïdea zuschreiben zu sollen, sondern annehmen zu dürfen, dass das Epithel auch nach hinten etwas Rhodophylin abscheide oder zurücklasse. Wir konnten den Gegenversuch leicht machen, indem wir die zugehörige herausgenommene Retina mit der schwarzen Fläche auf die Stäbchenseite einer gebleichten legten, was denselben, wie bemerkt werden muss, selbst nach Stunden ungleich schwächeren Erfolg hatte, als nach dem Anlegen an die Vorderseite. Endlich haben wir die Retina von Eisfröschen benutzt, um daran den Einfluss des Pigmentepithels sowohl auf die Zeit der Bleichung, wie auf die Rückkehr des Sehpurpurs in der möglich vollkommensten Weise festzustellen.

Indem man ein solches Präparat mit der dunklen Rückseite gegen ein grosses Deckglas schmiegt und dasselbe hohl auflegt, erhält man für die mikroskopische Betrachtung das wahrhaft reizende Bild aller gefärbten Elemente der Retina. Hohe Einstellung zeigt zuerst den ungefärbten Theil der Epithelien, welche unter manchen, noch zu erörternden Umständen, mit glänzenden, farblosen Klümpchen eigenthümlicher, oft halbmondförmiger Gestalt gefüllt ist; darunter tauchen die goldfarbenen Fettkugeln auf, in jeder Zelle meist eine, und wenn man tiefer einstellt, erscheint das aus Sechsecken gebildete Muster der Epithelmosaik. Dieses Bild ist nicht so, wie es gewöhnlich von abgestorbenen Präparaten gezeichnet wird: es zeigt keine farblosen oder hellen Leisten zwischen den Zellen, sondern diese sämmtlich begrenzt durch schwarzes Pigment, so dass man nie sagen kann, wo die eine Zelle aufhört und die benachbarte beginnt, und es scheint uns dies von einem Pigmentkranze herzurühren, welcher sich etwas höher in der Zelle befindet, also weiter nach hinten im

Auge liegt, als die in die Zelle ragenden Kuppen der Stäbchen. Wird von diesem Bilde um ein Geringes tiefer eingestellt, so treten in voller Deutlichkeit die optischen Querschnitte sämmtlicher Stäbchen mit ihrer Purpurfarbe, hie und da modificirt durch die darüber liegenden goldgelben Kugeln, deren Bilder jetzt verwaschen sind, auf. Wir zählen meist 7 Stäbchen in jeder Pigmentzelle, darunter gewöhnlich ein grünes, das irgend wo am Rande zu liegen pflegt. Da der Sehpurpur an solchen Präparaten so deutlich durchschimmerte, haben wir nicht unterlassen, daran die Zeit der Bleichung durch Licht mit der von epithelfreien Netzhäuten zu vergleichen, die wir erwärmten Fröschen entnahmen. Beide Präparate verweilten nach der Anfertigung zur Annahme gleicher Temperatur erst einige Zeit im dunklen Raume und wurden darauf so unter 2 Mikroskope vor dieselbe Lichtquelle gebracht, dass die Beleuchtung ausschliesslich von unten durch die gleich grossen Diaphragmen geschah. In dem vom bewölkten Himmel mittelst des Heliostaten kommenden Lichte war der sichtbare Theil der epithelfreien Netzhaut meist um 10 Min. eher bis zum hellen Chamois entfärbt, als der des andern Präparates, von dem man erst in 11 bis 12 Min. sagen konnte, dass die Stäbchen sich nicht mehr weiter veränderten. Genauer vermochten wir die Zeit nicht zu bestimmen, da es unmöglich ist, durch das Epithel hindurch die letzten Spuren von Rhodopsin oder von Xanthopsin wahrzunehmen. Wir liessen die Präparate jetzt nach Entfernung der engen Diaphragmen bei dem nicht sehr intensiven Lichte noch 15 Min. liegen, schnitten eine Ecke des Epithel führenden ab, und überzeugten uns durch Abschaben des Präparates, dass kein Purpur mehr zum Vorschein kam. Als das Licht jetzt zwei Stunden fern gehalten worden, sah man durch das Epithel hindurch wieder deutlich purpurfarbene und grüne Stäbchenquerschnitte, während die andere Retina, unter dem Mikroskope wenigstens, nur sehr

trübe grüne, zwischen der grossen Menge hell lila aussehende zeigte. In anderen Fällen besahen wir die regenerirte Netzhaut nicht mikroskopisch und unverletzt, sondern nach dem Abschaben des Epithels von einigen Stellen, wonach der Purpur sehr deutlich zu erkennen war.

Der eben beschriebene Versuch beweist, wie wir hoffen unwiderleglich, dass es das Retinaepithel im Auge ist, welches den Sehpurpur der Stäbchen regenerirt. Wir wollen aber die Bemerkung nicht unterdrücken, dass die Regeneration bei diesem Verfahren nie so vollkommen glückt, d. h. dass die Stäbchenfärbung, obwohl unvergleichlich intensiver, als nach der Autoregeneration, niemals so tief wird, wie nach dem Wiederanlegen gegen das Epithel im Augengrunde. Zum Theil beruht dies wohl auf der Berührung der hinteren Epithelfläche mit dem Deckglase, denn die Regeneration schien besser zu werden und eher einzutreten, wenn wir die Präparate mit der Vorderseite gegen das Glas legten, was freilich genauere mikroskopische Untersuchung aus noch mitzutheilenden Gründen sehr erschwerte. Da die Berührung der Stäbchen mit dem Regenerator nach dem Abziehen des Epithels niemals wieder so wird, wie sie war, sollte man die Methode des Zurücklegens für die schlechtere halten, allein es scheint, dass das Herausnehmen und Entblössen der Rückfläche dem Epithel mehr schadet, als die Beraubung seiner vorderen Fortsätze von dem Stäbchenfilze. Das Zurücklegen zeigte sich endlich ausnahmslos früher, oft schon bis zum Maximum der Färbung, nach ½ Stunde, wirksam, als die andere Methode.

Zahlreiche neuere Versuche bestätigten uns die früheren Angaben (Heft 1, S. 9), dass die Epithelregeneration durchaus an die ersten Stunden des Ueberlebens der Gewebe geknüpft ist. In hoher Sommertemperatur können die genannten Erscheinungen daher ganz ausbleiben und bei 8 — 12° C. wurde nach 24 Stunden kein Erfolg mehr erzielt. Wie konnten wir hoffen, dieses unerfreuliche

Factum mit der von den Gesammtlebensbedingungen ganz unabhängigen Autoregeneration in Uebereinstimmung zu bringen?

Zunächst wurde festzustellen gesucht, ob das Epithel oder die Retina überleben müsse. Wir fanden sogleich, dass es nur auf den Zustand des ersteren ankomme, denn als wir eine ausgebleichte und mehrere Tage feucht gehaltene trüb und matschig gewordene Netzhaut in einen frischen Epithelgrund legten, fanden wir dieselbe an den Stellen, wo sie noch zusammengeballte und stark veränderte Stäbchen trug, deutlich purpurn. Ebenso wurden Salzretinae, die im Dunkeln ausgewaschen, nach dem Abtropfen im Lichte entfärbt waren, unzweideutig besser gefärbt, als es jemals durch Autoregeneration geschieht, was durch vergleichende Versuche vollkommen sicher zu stellen war. Um jeden Zweifel zu heben sowohl, wie in anderweitigem Interesse, haben wir endlich Salzretinae, die während des Auswaschens gebleicht wurden und keine Autoregeneration mehr besassen, in lebende Epithelgründe gebracht: auch diese wurden wieder gefärbt. Getrocknete oder in Glycerin gelegte, später nach dem Erweichen in dünner Salzlösung und nach dem Abtropfen gebleichte Präparate so zu färben, wollte uns freilich nicht gelingen, aber die Erfahrungen an der gesalzenen Retina scheinen uns damit nicht entkräftet und der Schluss berechtigt, dass abgestorbene Netzhäute vom lebenden Epithel regenerirt werden.

So kamen wir zu folgender Ueberlegung: Der Regenerator enthält entweder Rhodophylin, wie die der Autogeneration fähigen Stäbchen, aber er giebt es nur im Leben oder im Ueberleben an die Letzteren ab, oder er enthält davon keinen merklichen Vorrath, sondern bildet es in dem Maasse, als die Substanz von der Stäbchenschicht beansprucht wird. Im letzteren Falle besonders konnte die Nothwendigkeit des Ueberlebens so viel heissen, wie Erhaltung eines Secretionsvorganges und Auslösung

desselben durch das Anlegen oder durch die Gegenwart der gebleichten Stäbchen.

Von der Regeneration des gelösten Sehpurpurs.

Zur Zeit, als dem Einen von uns die Freude wurde, den Sehpurpur in Lösung zu gewinnen, konnte Nichts näher liegen, als etwas gebleichte Purpurlösung in den frischen Augengrund zu tröpfeln und nachzusehen, ob die Farbe zurückkehre. Der Versuch geschah auch sogleich, aber man erhielt einen Tropfen schwarzer Tinte, weil das Epithel bis auf die suspendirt bleibenden gelben Kugeln und schwarzen Körnchen aufgelöst wurde. Das Verfahren wurde darauf mit grösseren Mengen und einer beträchtlichen Anzahl von Augengründen wiederholt, die Tinte filtrirt und durch mehrtägiges Stehen eine oben sehr pigmentarme Schicht abgehoben; aber dieselbe war und blieb missfarben, ebenso eine Mischung der Epithelcholatlösung mit der des gebleichten Purpurs, oder eine Lösung, die nur aus Netzhäuten, an denen das Epithel haftete, bereitet und durch Licht einmal gebleicht war. Auch das Einlegen gebleichter Netzhäute in die Epithellösung blieb erfolglos. Wir wissen heute, aus welchem Grunde jene Versuche sämmtlich missglückten und glauben kaum, dass wir die ausserordentlich zahlreichen und mühsamen Experimente, mit denen wir eine andere Bahn einschlugen, angestellt haben würden, wenn wir es eher gewusst hätten. Gleichwohl sehen wir keinen Grund, die Darstellung des wirklichen Verlaufes unserer Arbeit aufzugeben und von den genannten Bemühungen zu schweigen, denn wir können dieselben nicht für verloren halten, da die Betretung eines anderen Weges uns in den Besitz zahlreicher Gegenversuche brachte, welche die beste Kritik unseres schliesslichen Erfolges enthalten. Endlich hoffen wir Leser zu finden, denen es nicht gleichgiltig ist zu erfahren, wie man es anfing, in dem Gewirre anscheinend widersprechender und beziehungsloser Thatsachen den richtigen Weg zu finden.

Obschon sich die Galle als ein gutes Lösungsmittel für den Zellenleib der Epithelien erwies, liess sie doch zwei Bestandtheile derselben ungelöst: das Pigment und die gelben Tropfen. Ueber das Verhalten des Kerns kamen wir nicht ganz ins Klare: derselbe scheint nicht gelöst, sondern nur sehr durchsichtig zu werden und zu quellen; die häufig vorkommenden farblosen Klümpchen sahen wir dagegen unter dem Mikroskope völlig vergehen. Sollten wir dem schwarzen Pigmente und den gelben Tropfen das Rhodophylin zutrauen? Wir standen davon ab, denn das schwarze Pigment scheint zu indifferent und fehlt den Albinos, welche auch Purpur regeneriren, gänzlich, und die gelbe Materie fanden wir nirgends in der Retina der darauf untersuchten Säuger (Ochs, Schwein, Kaninchenalbinos). Ueberdies war jener gelbe Farbstoff schon ausgeschlossen, als wir sahen, dass Extracte der im Dunkeln über SH_2O_4 getrockneten Augengründe, die mit Alkohol, mit Aether, mit Chloroform, Benzol, Chlorkohlenstoff u. s. w. bereitet waren, nach dem Verdunsten die gelbe Substanz hinterliessen, welche mit dünner Salzlösung, oder mit Lymphe in Emulsion verwandelt, oder ohne dergleichen, direkt auf gebleichte Netzhäute oder in entfärbte Purpurlösung gebracht, niemals deren Färbung wieder herstellten. Wir kehrten darum noch einmal zur Galle zurück in der Meinung, dass das Rhodophylin nur unter ganz bestimmten weiteren Bedingungen wirke, und probirten die Cholat-Epithellösung mit reducirenden Zusätzen, von Schwefelammonium, Schwefelwasserstoff, ammoniakalischer Eisenoxydullösung u. s. w. oder umgekehrt, im Ozonstrome in Wirkung treten zu lassen, aber Alles ohne Erfolg. Darauf wurde versucht, das Epithel sogleich gefrieren zu lassen, oder eiskalt mit verdünntem NaCl von 0° zu extrahiren, ferner Extraktion bei gewöhnlicher Temperatur mit derselben Salzlösung, mit Glycerin, mit Soda, mit kohlensaurem Ammoniak oder mit Aetzammoniak, mit sehr verdünnter, Sehpurpur nicht entfärbender Milchsäure, oder Essig-

säure und Alles dieses wieder bei gleichzeitig wirkenden Oxydations- und Reductionsmitteln — wiederum vergeblich. In der Meinung, dass das Rhodophylin erst gebildet oder abgespalten werde, wurden die Epithelien mit kaltem Alkohol behandelt, und das Unlösliche den angegebenen Extractionsmitteln unterworfen, auch Erwärmen bis 35° C. angewendet, was ebenso erfolglos war, und obgleich wir wussten, dass der Regenerator ohne vorgängige Belichtung seine Schuldigkeit thut, wurden zu sämmtlichen aufgeführten Versuchen Augengründe aller Belichtungsstadien, auch mit farbigen Gläsern belichteter Frösche verwendet, ohne jedoch andere Resultate zu gewähren. Da wir glaubten, dass das Einlegen der Retina im Regenerationsversuche als Reiz auf das absondernde Epithel wirke, wurden die ganzen oder die von der Netzhaut befreiten Augen längerer Behandlung mit Inductionsströmen unterworfen, oder als mechanisches Reizmittel Schnitzel feinen Seidenpapiers 1—2 Stunden auf die Vorderfläche gelegt und, als dies noch nicht half, an Stelle des Papiers Stückchen der flimmernden Gaumenschleimhaut des Frosches genommen, womit wir die Epithelien sanft zu reizen und mit etwas dem Stäbchenfilze Aehnlichem zu bedecken trachteten. Wir brauchen kaum zu sagen, dass Nichts hiervon zu unserm Ziele führte, und wenn wir denken konnten, dass etwa die Dunkelheit, im Sinne der Beobachtungen *Brücke*'s an den Pigmentzellen der Chamäleonhaut, als Reiz für die retinalen Epithelzellen ausdrücklich heranzuziehen sei, so mussten wir davon abstehen, weil sich der grösste Theil unserer angeführten Erfahrungen schon auf im Dunkeln verarbeitetes Material bezog.

Nach so vielen vergeblichen Bemühungen stand wenigstens das eine negative Resultat fest, dass das Epithel unter keinem der äusserst verschiedenen Umstände, unter welchen es bearbeitet worden, eine in den für Gewebe gebräuchlichen Extractionsmitteln lösliche Substanz von rhodophylactischen Eigenschaften enthalte. Wir kehrten darum zu dem alten Mittel, der Galle, die am

Stäbchenpurpur gute Dienste geleistet hatte, zurück, in der Meinung, dass der Vorgang der Autoregeneration, den wir als unabhängig von allen übrigen Lebenserscheinungen erkannt hatten, unmöglich ein besonderes Substrat mit einer schlechthin unlöslichen Substanz zur Wirkung auf den sammt seinen Bleichungsprodukten löslichen Purpur erfordern könne. Schon einmal, ganz im Anfange dieser Arbeiten, war, um es hier zu sagen, eine im Dunkeln erfolgte Rückfärbung an gebleichten Purpurlösungen wirklich gesehen worden, und zwar an einer Mischung von Lösungen epithelarmer und epithelreicher Präparate. Da es aber während vieler Monate nie hatte gelingen wollen die Erscheinung wieder hervorzurufen, glaubten wir lange uns getäuscht zu haben, bis wir endlich, durch die Noth gedrängt, überdachten, welche anscheinend unwesentliche Aenderung sich in den Versuch eingeschlichen habe, und zu ihm zurückkehrten. Die Ueberzeugung, dass die künstliche Rückbildung des Sehpurpurs gelingen müsse, war zu tief, und erregte zu grosse Hoffnungen auf weitere Arbeiten über die Natur desselben, als dass wir nicht jede Modification des Lösungsverfahrens gern geprüft hätten.

So fiel uns ein, dass die in der wärmeren Jahreszeit benutzten Cholatlösungen des Epithels, wie der Stäbchen, immer Aether enthalten hatten, worunter wir die gereinigte Galle, um der Fäulniss einigermassen vorzubeugen, aufzuheben pflegten, und dass hieran der Grund unserer Misserfolge gelegen haben konnte. Es hatte zwar niemals das nicht unbedeutende Quantum Aether, welches die Galle auflöst, dem darin gleichzeitig enthaltenen Sehpurpur Schaden gethan, aber eine hemmende Wirkung auf den Regenerationsprozess war denkbar. Wir wurden darin bestärkt, als wir sahen, dass ein an der Luft gestandener, gefaulter Rest von Purpurlösung, den gebleicht zu haben wir uns erinnerten, eines Tages deutlich purpurn aus dem

Dunkelzimmer hervorgebracht wurde. Der Boden des Gefässes war mit schwarzem Pigment bedeckt, also Epithel mit in Lösung gegeben. Als die Flüssigkeit am Lichte wieder gebleicht worden, theilten wir sie in zwei Hälften und stellten die eine in's Dunkle, während die andere bis zum folgenden Mittag im Hellen blieb. Jetzt war eine, wenn auch schwache, röthliche Färbung an der ersteren augenfällig. Dass die Fäulniss nichts zu der erfreulichen Erscheinung beigetragen, glaubten wir annehmen zu dürfen, weil wir zu oft gebleichte Purpurlösung oder Netzhäute mit Epithelmassen in geschlossenen Gefässen hatten faulen sehen, ohne Rückkehr des Purpurs.

Wir schlossen daher, dass die Verdunstung des Aethers uns begünstigt habe, und verwendeten in der Folge nur Galle, welche vor dem Gebrauche durch Kochen von Aether befreit war, zugleich ein kaum schlechteres Fäulniss verzögerndes Verfahren, als der frühere Zusatz. Beiläufig mag hierzu bemerkt werden, dass vor dem Gebrauche des Aethers bei Darstellung und Reactionen des Sehpurpurs ebenso zu warnen ist, wie bei vielen anderen empfindlichen chemischen Substanzen, da das käufliche Fabrikat selten rein ist. Auch das schlechteste, alkoholhaltige schadet freilich nicht, soweit es in Galle löslich ist, aber wir sind in letzterer Zeit immer auf Aether gestossen, welcher feuchte Froschnetzhäute momentan, fast getrocknete etwas langsamer entfärbte und nach dem Waschen mit Wasser, besser mit Sodalösung, Zersetzung des Purpurs, obgleich erst nach einigen Stunden, bewirkte. In der Chemie des Sehpurpurs haben wir den Aether darum seit länger durch Benzol oder durch sog. Petroleumäther ersetzt.

Mit den neuen, auch dosirten Gallelösungen haben wir zunächst die angenehme Erfahrung gemacht, direkt ohne nachträgliches Eindunsten sehr concentrirte, fast wie ammoniakalische Carminlösung aussehende Filtrate von der Retina zu gewinnen, wenn

die Lösung mehr als 5 p. Ct. Cholate enthielt; weiter lernten wir die Purpurlösung schneller filtriren, indem wir die winzigen unlöslichen Reste der Membran sich erst vollkommen absetzen liessen, worauf die Flüssigkeit kaum schlechter als Wasser durch Papier lief. An diesen Lösungen wurde nun sofort die von der Retina bekannte Autoregeneration beobachtet. Wir brauchten dieselben nur in der Sonne bis zur vollkommenen Farblosigkeit ausbleichen zu lassen und 40 Min. bis 1 Stunde in's Dunkle zu stellen, um sie wieder ganz deutlich rosa gefärbt zu finden. In weiteren 24 Stunden blieb diese Farbe im Dunkeln constant. Zwei bis drei mal liess sich die Entfärbung an der Sonne wiederholen und immer kehrte die Farbe zurück, aber schwächer und schwächer, zuletzt nur chamois oder gelb. Ganz wie an der Retina trat in 20—30 Min. zuerst Gelb, darauf Chamois, zuletzt Rosa auf, und wenn wir die Ausbleichung nur bis zum Gelb hatten gehen lassen, kehrte das Rosa schneller zurück. Das Experiment ist von solcher Sicherheit, dass wir es zur Demonstration in Vorlesungen geeignet halten. Die Cholatlösung wird dazu am Besten 2 procentig genommen.

Seit wir ätherfreie Purpurlösungen verwenden, hat es uns scheinen wollen, als ob deren totale Ausbleichung, d. h. die schliessliche Umwandlung von Gelb zu Weiss, auch in direktem Sonnenlichte wesentlich langsamer verlaufe, als wir es früher an ätherhaltigen sahen.

Welchen Grund konnte die Autoregeneration in der Lösung sowohl, wie in den Stäbchen haben? Gehörte der Purpur zu der Classe von Farbstoffen, die auf Zeuge fixirt, beim Tragen verschiessen und nach längerer Schonung aus dunklen Schränken gebessert zum Vorschein kommen? Die letztere Thatsache dürfte ebenso allgemein bekannt, wie wenig aufgeklärt sein, auf Reductions- und Oxydationsprocesse schliessen lassen, aber von solchen wussten wir, dass sie über den Sehpurpur nichts ver-

mögen. Ausserdem liess sich die Regeneration nicht beliebig oft wiederholen; Was dabei mitwirkte, wurde ersichtlich nach und nach erschöpft, und das hing nicht von der Dauer der Beleuchtung, sondern von dem Wiederholen des Lichtabschlusses ab, für das lebende Auge zugleich ein bemerkenswerther Umstand, welcher die Annahme abweist, dass die Echtheit des Netzhautpurpurs intra vitam auf anderen Gründen beruhe, als auf der bis zu einem gewissen Grade der Dauer und Intensität des Belichtens, dem Bleichen entgegenarbeitenden Regeneration. Wir hielten darum an der Meinung, welche wir dem fundamentalen Einflusse des Epithels einmal entnommen hatten, fest, dass neben dem Purpur, bez. dem Sehgelb und Sehweiss eine Substanz, das Rhodophylin, in oder zwischen den Stäbchen und ebenso in der Cholatlösung der Netzhaut enthalten sei, welche die Regeneration veranlasse, dass also im strengeren Sinne keine Autoregeneration bestehe. Hier musste die Epithellösung entscheiden. Wir kürzten den dazu in Aussicht genommenen Versuch, dessen Schwierigkeiten nachher erörtert werden, zunächst in folgender Weise ab.

20 Frösche wurden geköpft, die Augen exstirpirt, eine Stunde nach der Präparation des letzten gewartet und aus allen die Netzhäute mit dem gesammten Epithel bedeckt herausgenommen. Indem wir das schwarze Häufchen mit Galle behandelten, bekamen wir eine Lösung der Stäbchen sowohl, wie der Epithelleiber. Als dieselbe schwarz und trübe durch das Filter gegangen, liessen wir sie im Röhrchen einige Stunden stehen, hoben vom stärksten Pigmentsatze ab und suchten den noch recht bedeutenden Antheil an suspendirten schwarzen Körnchen im flachen Uhrglase zu beseitigen. Wer sich auf das Isoliren und Schlemmen von Blutkörperchen versteht, kennt das Verfahren: wir suchten das Pigment durch Rütteln, Drehen und Schwenken zusammenzutreiben, so dass es nach längerer Ruhe

auf einen Haufen gedrängt zu Boden ging. So war 24 Stunden später die klare Flüssigkeit abzusaugen. Dieselbe war natürlich tief purpurfarben, aber wir glaubten daran bemerken zu können, dass sie, an gedämpftem Lichte wenigstens, nicht so rasch entfärbt wurde, als andere ebenso intensiv gefärbte Lösungen, die wir aus epithelfreien Netzhäuten erhalten hatten. Etwas Anderes war aber zweifellos: die Lösung wurde nach maximaler Ausbleichung in weniger als 15 Min. im Dunkeln wieder farbig und war nach einer Stunde deutlich rosenroth. Da grade vortrefflicher Sonnenschein den ganzen Tag begünstigte, haben wir das Bleichen und Wiederfärben mehrere Male vorgenommen und am folgenden Tage wiederholt. Dabei fiel uns auf, dass anfänglich kein deutlich gelbes Durchgangsstadium vor dem ersten Erscheinen des Rosa zu bemerken war, obwohl sich die Purpurfärbung, ebenso wie es früher bei der Autoregeneration gesehen worden, entschieden schneller im Dunkeln wieder entwickelte, wenn die Ausbleichung nur bis zum Gelb gediehen war. Erst beim 2ten Male wurde dieses regenerirte Gelb deutlich und kehrte schliesslich allein nach der Bleichung wieder zurück, wie denn überhaupt die Intensität der regenerirten Farbe mit jedem Versuche abnahm und die Zeit ihrer Entwicklung wuchs.

Wir glaubten nun den letzten Versuch des Wiederfärbens gebleichter Stäbchenlösung durch Zusetzen reiner Epithellösung leicht hinzufügen zu können, aber hier stiessen wir auf zwar nicht unerwartete, indess für unsere nächsten Zwecke wenig wünschenswerthe Hindernisse. Es war nicht möglich das Epithelium, nach Entfernung der Retina aus dem Auge, hinlänglich rein zu erhalten. Lag es zu Tage und der Chorioïdea an, so war es nicht ohne diese zu verarbeiten. Alle Anstrengungen es mit feinen Hakenpincetten abzuziehen oder es mit angelegtem Seidenpapier abzuheben, lieferten kein hinreichendes Material, und so blieb nichts übrig, als die ganzen Augengründe, nach mög-

lichster Säuberung der Rückseiten von Muskeln und Bindegewebe, zu verarbeiten. Die Chorioïdea mit dem Epithel von der Sklera zu lösen, hatte keinen besonderen Sinn und war wegen des durch Gefässe vermittelten Haftens unbequem. Das so erhaltene Präparat hatte den Nachtheil Blut einzuschliessen, so dass die daraus hergestellte Cholatlösung immer etwas Hämoglobin enthielt. Froschblutkörperchen widerstehen der Galle zwar anders, als die der Säuger, aber das Hämoglobin wird ihnen damit doch entzogen und musste in unsere Lösungen übergehen, weil der Brei der zerschnittenen Augengründe überall freie Blutkörperchen aufwies. Dennoch waren wir sehr überrascht die Lösung nach Entfernung des schwarzen Pigmentes ziemlich tief und dabei etwas purpurn gefärbt zu finden, noch mehr, als wir sie an der Sonne augenscheinlich abblassen sahen, ungefähr wie wenn wir bluthaltige Stäbchenlösung (aus dem Ochsenauge) vor uns hätten. Die Entfärbung dauerte freilich bedeutend länger und ging nur so weit, das schmutzige Blutgrün hervortreten zu lassen, das venösen Blutlösungen in grosser Verdünnung eigen ist*). Mit Luft geschüttelt, wurde die Farbe hellgelblichroth und dann sahen wir daran spectroskopisch den Streifen α des Hämoglobins entstehen. In's Dunkle zurückgebracht, wurde sie in 30 Min. wieder hell kirschfarben, um dann am Lichte von Neuem in's Grünliche zurückzuschlagen, kurz, die Erscheinungen waren ähnlich wie an Stäbchenlösungen mit epithelialer Regeneration, so dass wir denken mussten, wider unsere Absicht sehr viele Stäbchen auf dem Epithel gelassen zu haben.

*) Es ist leider heute noch nöthig auf *Brücke*'s bekannte Beobachtung der grünen Färbung dünner Schichten venösen Blutes aufmerksam zu machen, da die Erscheinung mit dem Sehpurpur in Verbindung gebracht worden ist. Quetscht man Froschnetzhäute, deren Hyaloïdea merklich Blut enthält, besser noch die Retina des Hundes zwischen zwei Glasplatten, so wird die schwach grünliche Färbung des Blutes bemerkbar, während blutfreie Retinae dabei nur lila bis farblos werden.

Wir wiederholten daher den Versuch sofort und nahmen dazu so gründlich ödematös gewordene Curare-Frösche, dass die Netzhaut von allen in toto mit der Linse herauskam. Nachdem die Hintergründe mit der Scheere zerschnitten waren, nahmen wir Tröpfchen aus dem Brei unter das Mikroskop; wir fanden in der That einzelne Stäbchen, jedoch so wenige, dass wir glaubten, die Purpurfärbung der Lösung etwas Anderem, als der kleinen Menge in diesen Stäbchen enthaltenen Sehpurpurs zuschreiben zu müssen, wenn sich die frühere Erscheinung wiederholte. Das Letztere geschah nun auf das Unzweideutigste und gab uns die Ueberzeugung, dass im Epithel selbst unter Umständen Purpurbildung vorkomme.

Wie gering der Hämoglobingehalt der auf dem letzten Wege erhaltenen Epithellösung sein mochte, war er doch gross genug uns gegen die Wahrnehmung der feinen Farbendifferenzen, auf die es ankam, misstrauisch zu machen, wenn wir damit etwaige Verstärkung der Regeneration reiner Stäbchenlösungen nachweisen wollten. Wir wiederholten daher vorerst die früheren Beobachtungen über das Verhalten von Epithel-Stäbchenlösungen vergleichend zu dem reiner Stäbchenextrakte. Diesmal wurden dazu 20 Dunkelfrösche genommen, welche 3 Stunden in Eiswasser gesessen hatten, und die schwarzen auf das vollkommenste vom Epithel bekleideten Netzhäute in Lösung gegeben. Zum Vergleiche wurden die sehr reinen, vom vorigen Versuche übrig gebliebenen Netzhäute verwendet. Beide Präparate wurden mit 1,5 C. Cent. derselben Cholatlösung gleich lange extrahirt, filtrirt, die schwarze Lösung im Uhrglase von Pigment befreit und während dieser Zeit in so feuchtem Raume gehalten, dass Concentration durch Verdunsten vermieden blieb. Die Färbung der beiden Flüssigkeiten war ungleich, in der gemischten entschieden tiefer. Es wurden daher durch Verdünnen der letzteren 2 Proben von annähernd gleicher Farbensättigung hergestellt, beide

gleich lange an der Sonne bis zu blassem Strohgelb gebleicht und in's Dunkle zurückgesetzt. Nach 20 Min. war die Mischlösung schön rosa, während die andere nur deutlicher gelb bis chamois aussah, nach 40 Minuten waren beide rosa, aber die erstere dunkler, mehr rosenroth, nach 4 Stunden diese rothpurpurn, die andere nicht über das anfängliche Rosa hinausgekommen. Am folgenden Tage wurde das Belichten und Verdunkeln fortgesetzt und es zeigte sich, dass die Rückkehr der Farben in der Mischlösung noch viele Male, freilich mit abnehmender Deutlichkeit auszuführen war, als die andere bereits ganz farblos blieb, oder nach längerer Lichtentziehung höchstens schwach strohgelb wurde. Hierauf gossen wir 1 Vol. der nur noch hellrosa werdenden Mischlösung zu 2 Vol. der nicht mehr autoregenerationsfähigen Stäbchenlösung, belichteten das Ganze noch einmal und setzten es in's Dunkle zurück. Da Abends nicht mehr über die Farbe zu entscheiden war, konnten wir erst am andern Morgen nachsehen und da fanden wir trotz doppelter Verdünnung, welche die letztere Lösung erlitten hatte, die schönste rosenrothe Farbe hergestellt, über deren Entstehungsweise wir nicht in Zweifel sein konnten, weil wir sie zwischen 2 Gegenproben hatten, der einen, kaum gelblichen (aus der Stäbchenlösung), und der andern hell rosafarbenen (aus der Lösung von Epithel Stäbchen), welche beide unter gleichen Verhältnissen neben der nachträglich gemischten im Dunkeln gestanden hatten.

Wie befriedigend und entscheidend das eben genannte Resultat sein mochte, so glaubten wir doch keine Mühe scheuen zu sollen, die Wiederfärbung von Stäbchenlösungen durch reine stäbchenfreie Auflösungen des Epithels zu versuchen und die Darstellung der letzteren frei von störendem Hämoglobin anzustreben. Epithelgründe wurden zu dem Ende erst mit grösseren Mengen $^1/_2$-procentiger NaCl-Lösung geschüttelt, filtrirt, auf dem Filter mit etwas Wasser gewaschen, wobei Hämoglobin nachweisbar mit einigem schwarzen

Pigment entfernt wurde. Hierauf mit Galle behandelt, wurden offenbar wesentliche Antheile der Zellenleiber zerstört, denn was nun weiter filtrirte, war die uns wohl bekannte schwarze Tinte. Als dieselbe geklärt worden, sahen wir daran zu unserer Enttäuschung wieder etwas Hämoglobinfärbung und nichts im Verhalten gegen Licht, was auf den kleinsten Purpurgehalt zu schliessen berechtigte. Zu gebleichten Purpurlösungen gesetzt, verstärkte das Extrakt deren Autoregeneration nicht, und wo diese nicht mehr vorhanden oder undeutlich war, änderte der Zusatz daran nichts. Das Verfahren musste also verlassen werden und wir versuchten darauf so zum Ziele zu kommen, dass wir die Galle in die retinafreien Augengründe tröpfelten, nach $^1/_4$ Stunde zurückpipettirten und die kleine Flüssigkeitsmenge, welche so oberflächlich auf die Epithelfläche gewirkt hatte, dass sie auffällig wenig schwarzes Pigment enthielt, der mechanischen Klärung unterzogen. Was wir jetzt erhielten, war äusserst schwach gelblich gefärbt und ebenso wirkungslos auf gebleichte Stäbchenlösungen, wie das vorige Extrakt.

Da unser Vorhaben somit vereitelt blieb, haben wir die andere Methode der Vergleichung von Lösungen reiner Stäbchen und solcher aus Stäbchen plus Epithel weiter auszubilden gesucht. Indem wir den natürlichen Vorgängen folgten und uns der Erfahrung anschlossen, dass die Regeneration der Netzhaut an der Epithelplatte immer einige Zeit, bis zur Vollendung oft etwa 2 Stunden erfordert, gaben wir die epithelbedeckten Netzhäute erst einige Stunden nach der Präparation in Lösung. Die beste Vorschrift, welche wir geben können, ist diese: man verschafft sich 1) 40 epithelfreie Netzhäute, indem man 20 mit Curare vergiftete Dunkelfrösche erst 3 Stunden in kaltes Wasser, dann 2 Stunden in Wasser von 30° C. setzt und die Präparation der Augen bei jedem Einzelnen sofort nach dem Köpfen vornimmt; 2) setzt man 20 Dunkelfrösche eine Stunde in Eis, exstirpirt die Augen,

knipst von jedem den Opticusansatz ab, legt sie eine Stunde in einen feuchten Raum und nimmt hierauf die Netzhäute sammt dem Epithel von der Chorioïdea ab. Diese schwarzen Präparate lässt man zweckmässig noch 2 Stunden auf dem Boden eines kurzen Probirröhrchens liegen, ehe die 2procentige Galle aufgegossen wird. Nach weiteren zwei Stunden, während deren die Masse zuweilen geschwenkt wird, ohne eigentlich geschüttelt zu werden, filtrirt man und benutzt die Nacht zum Absetzenlassen des schwarzen Pigmentes im Uhrglase. Am andern Morgen findet man, nachdem auch die Stäbchenlösung hergestellt und filtrirt worden, zwei starkgefärbte Flüssigkeiten, von welchen die des gemischten Objectes die dunklere ist. Vergleicht man das Verhalten der Extrakte, so ist ohne Weiteres das langsamere Ausbleichen des gemischten in mässigem Tageslichte zu erkennen, auch wenn man es durch Verdünnen mit Galle auf die hellere Farbe des andern gebracht hat. Vollständig an der Sonne oder von der Magnesiumflamme ausgebleicht, nimmt es viel eher im Dunkeln wieder Farbe an, als das andere, und gleich zu Anfang ist diese tiefer, mehr dem Purpur oder Rosa zuneigend, als in der Gegenprobe, eine Differenz, welche nach einigen Stunden höchst augenscheinlich wird. Je öfter die Regeneration wiederholt wird, was noch nach 3 — 4 Tagen trotz in der Regel zutretender Fäulniss möglich ist, desto schwächer wird sie natürlich; aber während die blosse Stäbchenlösung beim 3ten Male zu versagen pflegt, haben wir sie an der andern bis doppelt so oft bemerkbar gefunden, und endlich wieder mit grosser Deutlichkeit hervortreten sehen, wenn die im Dunkeln schon gänzlich farblos bleibende Stäbchenlösung zugesetzt wurde. So sind die Erscheinungen, wenn das Epithel einige Zeit nach der Isolation und Eröffnung der Bulbi in Lösung kam, während man die Differenzen, auf welche hier Gewicht zu legen ist, kaum merkbar findet, falls die schwarzen Netzhäute aus eben exstirpirten Augen von

Eisfröschen kamen und sofort in Galle geworfen wurden. Wir möchten hieraus schliessen, dass das retinale Epithelium bei Dunkelfröschen im Leben nur Spuren von Rhodophylin enthält, dagegen im Absterben oder in einem der Reizung verwandten Zustande davon mehr bildet, das dann durch Galle extrahirbar wird. Jetzt, wo man in der letzteren das Mittel dafür hat, werden die vorhin erwähnten Reizversuche zu wiederholen sein. Wir haben einstweilen darauf verzichtet, da uns die gleich zu berichtenden Beobachtungen z. Zt. nothwendiger schienen und einige Aussicht vorhanden ist auf müheloserem Wege zur künstlichen Regeneration zu gelangen, als der war, welchen wir betreten mussten.

Die Fluorescenzerscheinungen hatten uns zur Erkenntniss eines wesentlichen Unterschiedes zwischen isolirt und intra vitam gebleichten Netzhäuten geführt (Heft 2. S. 174), welcher nach unserer Auffassung durch Abwesenheit des Sehweiss' in den letzteren bedingt wird. War das richtig, so mussten im Leben entfärbte Netzhäute mit Galle farblose Auflösungen geben, in welchen weder Autoregeneration, wie an den Stäbchen selbst, noch Regeneration durch Dunkelepithel zu Stande kam. Dem ist nun wirklich so, denn die Lösung, welche wir aus solchen Netzhäuten von mit Curare ödematös gemachten Fröschen erhielten, war und blieb unter allen Umständen farblos und es liess sich damit nach 24-stündigem Verweilen im Dunkeln nicht die geringste Besserung der Färbung an einer anderen Lösung des früher beschriebenen Epithel-Stäbchenpräparates erzeugen, wenn diese an sich schon durch häufigen Wechsel von Licht und Dunkelheit das Vermögen deutlicher Wiederfärbung verloren hatte. Hier war Rhodophylin vorhanden, aber es fehlte in dem aus lebend gebleichten Netzhäuten zugeführten Materiale die Substanz, das Sehweiss nämlich, auf welche es wirken sollte, und in vollkommener Uebereinstimmung damit stand das Verhalten der Stäbchen solcher Netzhäute, denn wenn wir intra vitam gebleichte

Retinae in Epithelgründe von Dunkelfröschen legten, so sahen wir sie häufig entweder gar keine Färbung annehmen, oder erst nach 2—4 Stunden Spuren davon auftreten, welche bezeichnender Weise nicht gelb oder chamois, sondern hell lila ausfielen.

Hiermit gelangen wir zu einem Punkte, welcher besondere Beachtung verdient: es giebt zwei ganz verschiedene Weisen der Wiederfärbung von Netzhäuten, die eine mit Gelb oder dessen Nuancen beginnend, oft durch Orange oder entschiedenes Reinroth zum Purpur gelangend, die andere von vornherein mit blossen Verdünnungsgraden des Purpurs einsetzend, von Lila durch Rosa zu tiefem Purpur führend; die erstere ist der isolirt gebleichten oder intra vitam nur erblassten, nicht ganz entfärbten Netzhaut, die zweite der intra vitam vollkommen entfärbten eigenthümlich. Obschon es leicht ist die erste, niemals gelbliche, sondern stets lila aussehende Farbe an Fröschen zu erkennen, welche nach gründlicher Besonnung 20 — 30 Min. im Dunkeln verweilten, wird die Angabe eines Mittels willkommen sein, das die Beobachtung der Anfangsfarben ungemein erleichtert. Die Zeit der Regeneration ist nämlich abhängig von der Temperatur, so dass sie sich im heissen Sommer oft schon in einer Stunde, bei kühlerer Witterung erst in 2 — 3 Stunden, bei 0° erst in 9—12 Stunden vollendet. An Eisfröschen hat man darum 4 bis 6 Stunden Zeit, um die Lilafärbung der Netzhaut zu constatiren, welche dem herrlichen Rosa und dem letzten gesättigten Purpur vorangeht.

Welchen Grund konnte es für die oben genannte Differenz geben? Wir meinen, dass er in der Verschiedenheit des Bildungsprocesses der Farbe liege, dass in der isolirt gebleichten Netzhaut aller Purpur nach und nach aus den restirenden Bleichungsproducten gebildet werde, indem das Rhodophylin das Sehweiss erst in Sehgelb, dieses zuletzt in Sehpurpur verwandelt, während nach dem Schwunde des Sehweiss im Leben fertiges Rhodophylin aus den Epithelzellen in die Stäbchen tritt, der Art, dass Misch-

farben intra vitam überhaupt nur auftreten können, wenn entweder die Belichtung sie direkt erzeugte, oder wenn das Sehweiss noch nicht Zeit fand völlig aus den Stäbchen zu schwinden. Wir hielten diese Hypothese für richtig, wenn eine Bildung fertigen Sehpurpurs in den Epithelzellen nachzuweisen war.

Das einzige Object, an welchem der fragliche Purpurgehalt mikroskopisch nachweisbar wäre, dürfte das retinale Epithel albinotischer Thiere oder des Tapetums sein, dessen Zellen kein schwarzes Pigment enthalten, aber man kann es auch da nicht vorauswissen, ob sich jemals unter den geeigneten Bedingungen so viel Purpur ansammeln werde, dass man ihn in situ zu erkennen vermöchte. Am Epithel der Frösche glauben wir unter gewissen, sich aus dem Folgenden noch ergebenden Umständen, Andeutungen des Epithelpurpurs bemerken zu können und zwar in den der Stäbchenschicht zugewendeten, mit Fortsätzen versehenen, vorderen Theilen der Zellen. Indess erschwert das schwarze Pigment die Beobachtung so, dass wir von Niemanden verlangen dürfen auf den schwach röthlichen Anflug Werth zu legen, um den es sich da handelt. Glücklicher Weise lässt sich auf andere, vollkommen sichere Weise darthun, dass das Epithelium fertigen Purpur zu bilden vermag, denn wir haben ihn daraus dargestellt.

Andeutungen über Rhodogenese sogar im Dunkelepithel wurden bereits früher bemerkt (vergl. S. 270), und indem wir an jene anknüpften, fanden wir einen sehr einfachen Weg den Process im Epithel nachzuweisen. Wir setzten Frösche eine Stunde hinaus in die Sonne, vergifteten sie darauf mit Curare, liessen sie weiter 3 Stunden im Freien erst in kaltem, dann in 30° C. warmem Wasser liegen, so dass sie anschwollen, und entfernten im Hellen*) aus sämmtlichen Augen die Netzhaut, indem wir die-

*) Bei dieser und wenigen anderen Gelegenheiten konnte von der Nothwendigkeit alle Arbeiten über Sehpurpur im Natronlichte vorzunehmen, abge-

selbe in toto mit der Linse und dem Glaskörper hervorzogen. Hierauf wurden die schwarzen spiegelnden Augengründe vorsichtig mit halbprocentiger Kochsalzlösung betropft, etwas geschüttelt und ausgespült, um etwa zurückgebliebene von der Netzhaut abgerissene Stäbchen zu entfernen, und ein Theil der Augen sogleich, ein anderer erst nach 3stündigem Verweilen im Dunkeln mit Galle extrahirt. Dass keine in Betracht kommende Mengen von Stäbchen in den Augen zurückgeblieben waren, constatirten wir vor der Verwendung der Galle, indem wir etwas von dem beim Zerschneiden der Halbkugeln entstehenden schwarzen Brei mikroskopisch untersuchten und nur sehr wenigen Bruchstücken veränderter Stäbchen begegneten. Als die Gallelösungen filtrirt und durch Absetzen vom schwarzen Pigmente befreit waren,

---

sehen werden. Es dürfte von Nutzen sein zu bemerken, dass Gas- oder Kerzenlicht, selbst sehr gedämpftes Tageslicht im Nothfalle zwar aushelfen können, aber so häufig zu Unsicherheiten führen, dass man sich nachträglich zu Controlversuchen bei Natronlicht genöthigt sieht, wodurch die ohnehin aussergewöhnliche Mühe solcher Arbeiten unnöthig vermehrt wird. Rothes Licht wäre ohne Frage besser als gelbes, da es noch weniger auf Sehpurpur wirkt, und wir haben es darum öfter mit Hilfe vortrefflich gearbeiteter, durch rothes Glas oder rothe Flüssigkeiten lichtgebender Laternen verwendet, wenn unsere Augen an der flackernden Natronflamme den Dienst versagten. Dennoch musste im Allgemeinen zu dem abscheulichen gelben Lichte zurückgekehrt werden, weil man im rothen des Vortheils entbehrte, das Blut unterscheiden zu können, so dass Präparate, die im Natronlichte wie von Tinte beschmutzt aussahen, für gut passirten. Es versteht sich von selbst, dass man von der Natronbeleuchtung so wenig, wie aus dem Dunkelzimmer überhaupt, unmittelbar zur Beurtheilung von Farben im Tageslichte schreitet, sondern zu warten hat, bis das Auge ausgeruht ist und keine Contrastfarben mehr wahrnimmt. Das Object wird so lange in einem schwarzen Kästchen verwahrt. Glaubt man die Zeit der Augenruhe aus Furcht vor Veränderungen der Präparate durch Absterben oder, wie es vorkommen kann, durch schnell wirkende chemische Agentien, nicht abwarten zu dürfen, so muss man zu Zweien arbeiten und sich die Präparate aus dem Dunkelraume bringen lassen. Alle in diesen Abhandlungen mitgetheilte Feststellungen über Farbennuancen wurden unter Beachtung der genannten Cautelen ausgeführt.

zeigte die sogleich hergestellte und verarbeitete, geringe schmutzig grünliche, vom Blute herrührende Färbung, welche, an einer im Dunkeln bleibenden Gegenprobe controlirt, nach längerer Besonnung durchaus unverändert blieb, während die andere so rosenroth war, wie wir bisher nur Stäbchenlösungen gesehen hatten, und am Lichte in der evidentesten Weise bis auf die geringe vom Blute stammende Färbung ausblich. Nach 4-stündiger Verdunkelung war daran auch etwas Regeneration zu bemerken. Wir sind durch diesen mehrfach wiederholten Versuch vollkommen überzeugt, dass in den Epithelzellen Alles enthalten ist, was zur Bildung fertigen Sehpurpurs beisammen sein muss. Ob diese Bildung im Leben wirklich in den Zellen erfolgt, lassen wir bei der Unsicherheit der bisherigen Beobachtungen über Färbungen des Epithels unentschieden, was übrigens zunächst an der Bedeutung des gefundenen Factums wenig ändert, da man die Rhodogenese auch für den Moment des Ueberganges der daran betheiligten Substanzen zu den Stäbchen aufgespart denken kann. Die Wirkung der Galle in den beschriebenen Versuchen wäre dann so aufzufassen, dass unter ihrem lösenden Einflusse, welcher sicher alle wesentlichen Substanzen betrifft, Dinge auf einander in Wirkung gerathen, welche es im Zellenleibe nicht thaten, weil sie dort räumlich getrennt waren. Hierüber wird die Zukunft ebenso erst entscheiden können, wie über die Frage, woraus das Epithelium lebend entpurpurter Frösche den Purpur bereitet; wir zweifeln kaum, dass es aus altem Materiale geschieht, indem das Sehweiss im Leben wohl nur desshalb aus den Stäbchen schwindet, weil es in das Epithel nach hinten tritt.

Es dürfte hier am Platze sein einiger Erfahrungen über Regeneration des Sehpurpurs in den Stäbchen zu gedenken. Vergegenwärtigt man sich, was beim Sehen gemischten Lichtes vorgeht, so begreift man, dass die der Länge des Stäbchens entsprechende Purpurschicht zuerst vorne gebleicht werden muss,

während die folgenden Schichten um so besser vor der Zersetzung geschützt bleiben, je weiter sie nach hinten liegen, weil dahin nur Licht solcher Wellenlängen dringt, das vorn nicht absorbirt wurde, also rothes und etwas violettes, welches unverhältnissmässig schwach auf Sehpurpur wirkt. Die wirksamste Leistung des Regenerators ist also auch vorn zu erwarten, und dass sie da erfolge, verbürgt das Vortreten der Epithelfortsätze bis an die Innenglieder der Stäbchen. So wird es erklärlich, dass sich die Stäbchen, falls die Belichtung nicht übermächtig wirkte, in ihrer ganzen Länge gefärbt erhalten und nach totaler Ausbleichung, während der natürlichen Dunkelregeneration sogar die erste schwache Lila-Tingirung von vorn bis hinten gleichmässig annehmen. Für das Epithel folgt aus der Anordnung der vor ihm liegenden Purpursäulchen, dass es in seiner hinteren Kernregion so lange vorwiegend von rothem und violettem Lichte betroffen wird, als noch Purpur vorhanden ist, und dass es im Gange der Ausbleichung erst recht dasjenige Licht empfängt, von welchem im Allgemeinen die schwächste chemische Wirksamkeit bekannt ist, nämlich gar kein violettes mehr, sondern nur rothes und gelbes. Man wird daher voraussetzen können, dass kurzwelliges Licht seinen regenerativen Funktionen besonders zuträglich, anderes gefährlich sei. In der That verhält es sich so, denn wenn der Purpur gänzlich erblichen ist und Licht aller Wellenlängen das Epithel erreichte, bedarf dasselbe 1—2 Stunden, um den Stäbchen die frühere Menge des Farbstoffes wiedergeben zu können, während es nach nicht ganz vollendeter Bleichung nur einiger Minuten bedarf, um den alten Zustand wieder herzustellen. Wir haben Frösche höchstens 10 Minuten in der Sonne oder einige Stunden im Tageslichte des Laboratoriums gehalten, bis die Netzhäute nicht farblos, sondern hell orange oder chamois geworden waren, und darauf in's Dunkle zurückgebracht. Nahm man dann 5—10—15 Min. später eine Netz-

haut heraus, so wurde sie wieder tief roth, zuweilen brandroth gefunden, weil offenbar noch etwas nicht regenerirtes Sehgelb neben dem Purpur darin steckte. In Fällen, wo die Farbe nach kurzer Besonnung gerade noch erkennbar war, haben wir nach 20—30 Min. schon den tiefsten Purpur wieder hergestellt gesehen. Diese Beobachtungen liessen sich ganz exact anstellen, weil der Frosch nicht weiter zu leben brauchte, nachdem das erste Auge vor dem Effecte der Dunkelheit untersucht worden, insofern das andere im abgeschnittenen Kopfe, oder selbst exstirpirt und feucht gehalten, liegen bleiben konnte. Doch haben wir auch an Augen verschiedener Individuen, also nicht so streng vergleichbar experimentirt, ausserdem einen Theil der Versuche so ausgeführt, dass das erste Auge dem Lebenden exstirpirt wurde, und der Frosch, nachdem ein geölter Watteropf in die leere Orbita gedrückt worden, mit dem andern Auge am Leben blieb. Indess fanden wir mit der letzten und ersten Methode niemals Unterschiede, welche das vom Blute versorgte Froschauge vor dem isolirten bevorzugt scheinen liessen.

Um zu sehen, ob das rothe Licht das Epithel am Regenerationsgeschäfte nicht hindere, wurden Frösche in der Sonne ihres Purpurs vollständig beraubt und unter mehreren Lagen rother Gläser weiter besonnt, unter welchen sich, durch einen Glaszaun getrennt, bereits aus dem Dunkeln ebendahin gesetzte Frösche befanden. An diesen war constatirt, dass sie demselben rothen Lichte ausgesetzt stundenlang intensiv purpurne Netzhäute behielten. Man hätte nun erwarten können, an den andern, vorher weiss belichteten Fröschen die Netzhaut nach zweistündigem Aufenthalte unter der rothen Bedeckung so regenerirt zu finden, wie wenn sie die gleiche Zeit im Dunkeln zugebracht hätten. Wenn das rothe Licht nicht intensiv genug war, sahen wir dies freilich oft genug vorkommen, aber an Tagen wo die Sonne continuirlich unbedeckt blieb, fanden wir die Retina die-

ser Thiere noch nach 4—6 Stunden ungefärbt. Gleichwohl war die Regeneration hier nach den ersten beiden Stunden sicher fort und fort im Gange geblieben, aber es war der interessante Fall eingetreten, dass der Purpur fortwährend in demselben Maasse ausblich, als er hergestellt wurde, denn als wir diese Frösche in's Dunkle setzten, fanden wir ihre Retina nach 5—15, vollends nach 20 Minuten vollkommen so intensiv purpurfarben, wie die seit Tagen im Dunkeln gehaltener. Um den Versuch zu verstehen, muss man wissen, dass das rothe Licht keineswegs des Vermögens entbehrt, den Sehpurpur auch intra vitam vollständig zu bleichen. Zur Zeit der intensivsten Sonnenwirkung im Juni und Juli gelang es uns nämlich ganz gut, lebende und kalt gehaltene Frösche unter 3 Lagen dunkelrothen Glases, durch die man bei direkter Richtung zur Sonne mit dem Spectroskope nur roth bis C sah, in 2—3 Stunden vollkommen des Sehpurpurs zu berauben. Der genannte Versuch erzielte also deshalb Differenzen zwischen den beiderlei Fröschen, weil die einen die rothe Belichtung mit einem Vorrathe fertigen Sehpurpurs antraten, die andern nicht, so dass die ersteren davon immer einen Ueberschuss behielten, während die andern trotz Erholung des Epithels nach den ersten beiden Stunden, allen Purpur hergeben mussten, der gerade gebildet war. Zum Gelingen des Versuches bedarf es selbstverständlich einer mittleren Intensität des Lichtes, die wir bei reinem Himmel meist Morgens oder Nachmittags fanden.

Nach diesen Erfahrungen am Lebenden wendeten wir uns zu ähnlichen Versuchen an isolirten Augen, indem wir den mehr oder minder verderblichen Einfluss spectraler Belichtung auf das blossgelegte Epithel festzustellen dachten. Da inzwischen die künstliche Regeneration des Purpurs gefunden worden, glauben wir zukünftigen Untersuchungen über den Gegenstand bessere Methoden versprechen zu können, als die bis jetzt von uns befolgten, und führen daher nur kurz Folgendes an.

Es ist zwar richtig, dass der entblösste Epithelgrund durch direktes Sonnenlicht (Heft I, S. 69) an Regenerationsvermögen beträchtlich einbüsst, aber der Erfolg zeigte sich nach vielen Wiederholungen des Experimentes inconstant. Zum Theil beruht dies auf Wärmewirkungen, ausserdem auf dem Umstande, dass grosse Unterschiede in den Präparaten vorkommen. Gegen die ersteren war durch gutes Kühlen des Auges in einer in Eis gesetzten Metallschaale, während die übergelegte Glasscheibe berieselt wurde, einigermassen zu helfen, und die Vernichtung der Regeneration wurde auch unter solchen Bedingungen, obwohl später, nach $^3/_4$—1 Stunde oft erzielt; dass dabei aber jegliche schädliche Erwärmung an dem tief schwarzen Grunde ausgeschlossen worden, ist zu bezweifeln. Gegen den andern Umstand, verschiedener Beschaffenheit der Präparate selbst, giebt es leider kein Mittel, denn es liegt auf der Hand, dass die weichen Epithelfortsätze in den Augengrund zurücksinken, nachdem die Stäbchenplatte abgezogen ist, und dass es dem Zufalle überlassen bleibt, wie sich dann das schwarze Pigment vor die regeneratorischen Theile der Zellenleiber als Lichtschutz legt. Wir können deshalb keinen grossen Werth auf unsere Beobachtung legen, dass mit spectralem Roth und Violet belichtete Augengründe mehr im Regeneriren angelegter, isolirt gebleichter Netzhäute leisteten, als solche, welche den Farben aus der Mitte des Spectrums ebenso lange (1—2 Stunden) ausgesetzt waren, obwohl wir Manches thaten, um die Bedingungen gleich zu halten, indem wir die Augenhälften in eine silberne auf Eis gesetzte Rinne legten, auf welche wir das Spectrum entwarfen. Ein Verfahren, das uns übrig blieb, nämlich halbirte, im Leben zuvor entpurpurte Augen zu nehmen und das Epithel auf dem natürlichen Wege durch die Stäbchen hindurch zu belichten, unter Umständen also, wo die Epithelfortsätze ihre nach vorn gerichtete Stellung beibehielten, wird später zur Erörterung kommen,

da es enger mit dem Capitel über die Ausbleichung intra vitam zusammenhängt und die Behandlung der gegenwärtigen Frage in der vorangegangenen Veränderung des Epithels sowohl, wie in der Anwesenheit der die Epithelfunction sogleich in Anspruch nehmenden Stäbchenplatte mit einem neuen Factor beschwert. Eines Umstandes mag jedoch hier schon gedacht werden, nämlich der Veränderung, welcher das Epithel im Leben hinter den gebleichten Stäbchen unterliegt. Diese muss tiefgreifend sein, wie man schon aus der Langsamkeit des vollständigen Wiederkehrens der Stäbchenfarbe sieht, welche nicht nur von den Veränderungen der Stäbchenschicht durch die lange und intensive Belichtung herrührt. Man überzeugt sich hiervon am einfachsten, wenn man isolirt gebleichte Netzhäute, die im Dunkelepithel so leicht wieder Farbe annehmen, in solches soeben entblösstes Hellepithel, wie wir das Epithelium lebend entpurpurter Frösche nennen wollen, legt. Niemals werden die Retinae darauf eher, als nach 2 Stunden wieder merklich farbig, und häufig bleibt auch nach längerer Berührung im feuchten und zur Verhütung des Absterbens der Epithelzellen kühl erhaltenen Raume der Effect ganz aus oder ist sehr schwach. Dies hängt sicherlich mit einer geringeren Widerstandsfähigkeit solchen Epithels gegen die zahlreichen in dem Experimente unvermeidlichen, operativen, schädlichen Einflüsse zusammen, denn darauf Deutendes wird auch im Gange der Wiederfärbung einer demselben Auge zugehörigen und gar nicht abgehobenen Stäbchenplatte oft bemerklich: so lange der Bulbus geschlossen bleibt, oder höchstens am Opticuseinsatze umschnitten wurde, ist davon freilich nichts zu bemerken, aber es genügt, das Auge zu halbiren oder vorn zu öffnen und die Linse ausschlüpfen zu lassen, um die Regeneration zu schwächen oder zu verzögern. So wird also auch intra vitam eine starke Veränderlichkeit des Epithels durch Licht anzunehmen bleiben —

ob nur directer Art, oder mehr durch Erschöpfung im Anfange des Belichtens, wo es an den Stäbchen noch etwas zu leisten hatte, steht dahin. Welcher Art die Aenderung sei, ist auf dem Wege des Ausschlusses ungefähr zu vermuthen: da unsere Versuche das Rhodophylin gegen Licht nicht veränderlich zeigen, wird es sich mehr um einen functionellen Verbrauch desselben und um Erschwerung der Neubildung dieser Substanz handeln.

Es bleibt noch zu erörtern, welche im retinalen Epithel kenntlichen Bestandtheile die für die Regeneration bedeutungsvollen seien, und wir haben darüber schon bemerkt, dass wir uns nur an solche zu halten gedächten, welche so ausnahmslos auftreten, wie der Regenerationsprozess selbst. Wir hielten es daher nicht für erspriesslich, die pigmentirten Bildungen in's Auge zu fassen, welche so häufig fehlen, ohne damit übrigens sagen zu wollen, dass ihnen keine Bedeutung für den Sehact zukomme oder dass sie ganz indifferent seien. Das Letztere möchten wir selbst von dem anscheinend ausserordentlich widerstandsfähigen, krystallinischen, braunen oder schwarzen Pigmente nicht annehmen, denn wir haben öfter bemerkt, wie sehr z. B. die Grösse dieser Krystalle wechseln kann, und mussten fast vermuthen, dass gelegentlich und nicht ohne Beziehung zu Licht und Dunkelheit sowohl Ausscheidungen, wie Lösungen dieses merkwürdigen Körpers vorkommen. Zuweilen sahen wir einzelne der kleinen schwarzen Nadeln oder Prismen so auffällig von einem dunkelbraunen Hofe umgeben, oder mit ebenso gefärbten, lang ausgezogenen Anhängseln versehen, dass wir an die hübsche Erscheinung erinnert wurden, die man beim Einstreuen von Berliner Blau, übermangansaurem Kali u. a. sehr dunkeln, löslichen Farbstoffen in Wasser sieht.

Aus demselben Grunde, wie bei dem schwarzen Pigmente,

sahen wir auch von den gelben Oeltropfen des Epithels, deren Vorkommen ebenfalls ein beschränktes ist, in Hinsicht auf die Regeneration ab, und wir müssen bekennen, nicht verstehen zu können, wie man dazu kam, in dieser Richtung Fühlung zu suchen. Herr *Boll* sagt freilich, die gelbe Farbe, welche purpurne Netzhäute durch Behandlung mit Essigsäure annehmen, sei „absolut identisch" (Arch. f. Anat. u. Physiol. Heft 1. S. 17) mit der jener Oelkugeln, allein wir fanden daran nichts absolut, als dass es falsch ist. Die einfachsten Versuche zeigen, dass überschüssige Essigsäure von 10—30 p. Ct. die Retina nur anfangs gelb, später farblos macht, während sie die gelbe Farbe der Fettkugeln des Epithels gar nicht verändert. Mit Essigsäure gelb gewordene Netzhäute gaben ferner, so wenig wie die bis zum Sehgelb durch Licht veränderten, an Alkohol, Aether, Chloroform, Benzol, Schwefelkohlenstoff u. s. w. irgend welche Spur des Gelb ab, während das gelbe Fett der Epithelzellen von jenen Mitteln leicht gelöst wird. Wir haben diese Versuche mit 40 Netzhäuten vom Frosche und mit 12 vom Ochsen ausgeführt und dabei Sorge getragen gleichzeitig etwas farbloses Fett mit in Lösung zu geben, ohne jedoch etwas Anderes zu erreichen, so dass wir wohl mit einiger Sicherheit über diese augenscheinlich wesentliche Differenz urtheilen können. Ausserdem zeigte keins der gelben aus Rhodopsin zu erhaltenden Producte etwas von der durch 2 Absorptionsbänder ausgezeichneten Wirkung des gelben Epithelfettes (vergl. d. flgd. Cit.). Dass der Farbstoff des gelben Fettes im Retinaepithel etwas lichtempfindlich sei, stellen wir nicht in Abrede, allein wir halten es für zeitgemäss darauf aufmerksam zu machen, wie viele Farbstoffe in Organismen solche geringe Grade von Bleichung im intensiven Sonnenlichte zeigen. Stark verdünnte, aber noch sehr kenntlich gefärbte Froschgalle z. B. bleicht in zwei Stunden an der Sonne fast vollkommen aus. Wenn daher merkliches Abblassen der gelben Oeltropfen hinter

den Stäbchen nach langer und intensiver Belichtung vorkommt, so beweist dies wahrscheinlich, wie erheblich das Epithel durchleuchtet wird, wir können aber nicht umhin zu bemerken, dass es unrichtig ist, wenn die Herren *Boll* und *Capranica* (Arch. f. Anat. u. Physiol. Heft 2 u. 3. S. 284) ganz allgemein behaupten, die farblosen, eigenthümlich gestalteten Klümpchen, welche neben den farbigen Kugeln vorkommen, seien ausgebleichtes Fett. Man hat hier zweierlei zu unterscheiden: 1. echte Fettkugeln, fast oder ganz farblos, welche meist recht klein sind und in der Nähe grösserer, noch blassgelber Tropfen liegen, 2. aus ganz anderem Materiale, durchaus nicht aus Fett bestehende, farblose, stark contourirte, glänzende Klümpchen. Die ersteren sind in Aether und in Benzol leicht löslich, färben sich schnell mit OsO_4 tief braun und widerstehen Natronlauge von 10p. Ct., sowie der Galle, die letzteren sind in Aether und Benzol unlöslich, quellen in Natron colossal auf, verschwinden vollständig durch Galle und färben sich bei allmähliger Einwirkung von OsO_4 viel später, als die unmittelbar daneben liegenden Fetttropfen. Die Fetttropfen zeigen zuweilen unverkennbare Theilungsvorgänge.

Unter welchen Umständen die eben genannten, in Galle löslichen, farblosen Klümpchen entstehen, vermögen wir noch nicht mit Sicherheit anzugeben, da wir sie sowohl bei lange im Dunkeln gehaltenen, wie bei besonnten und bei abwechselnd belichteten Fröschen, zuweilen in erstaunlicher Menge, so dass ihr Volum das der Fetttropfen vielfach übertraf, gefunden haben. In anderen Fällen waren sie spärlich vorhanden und fehlten manchen Zellen gänzlich. Erwägt man das chemische Verhalten dieser Gebilde, so findet man so grosse Uebereinstimmung mit der Substanzenmischung, woraus die Aussenglieder der Stäbchen bestehen, dass man sich des Gedankens kaum erwehren kann, sie seien Zerfallsproducte dieser. Alle Stäbchen wurzeln bekanntlich in den Epithelzellen

mit unregelmässig gestalteten Kuppen, deren Oberflächen an überlebenden Präparaten wie angefressen aussehen und bei der überwiegenden Mehrzahl 3—4 quer verlaufende, sehr deutliche, runzelige Striche zeigen, die auf keinen andern optischen Effect, als den von unregelmässigen Oberflächen erzeugten zurückzuführen sind. Sollte da nicht eine Aufblätterung der Plättchensäule nach hinten und ein Hineinziehen der Zerfallsprodukte in den Leib der Epithelzellen vorliegen? Die langsamere Reaction auf OsO_4 und die mehr in's Olivengraue schlagende Färbung, welche die Klümpchen in den Epithelzellen annehmen, widerspricht dieser Auffassung nicht, denn es ist schon aus *Morano's* Arbeit (*M. Schultze's* Archiv, Bd. 8, S. 81) bekannt, dass der in's Epithel ragende Theil der Stäbchen durch das Reagens häufig auffallend schwächer gefärbt wird, als die Wurzel des äussern Gliedes am inneren, was augenscheinlich nicht an der Umhüllung durch Epithelsubstanz sondern an Verschiedenheiten in der Zusammensetzung der vorderen und hinteren Theile eines Aussengliedes liegt. Wir haben ganze epithelfreie Netzhäute oder durch rasches Schütteln mit schwacher Kochsalzlösung in Emulsion isolirt erhaltene Stäbchen des Frosches mit grossem Ueberschusse von 1procentiger OsO_4 tagelang behandelt und immer eine bedeutende Anzahl schwach oder nur theilweise intensiv gefärbter Stäbchen gefunden, wie es schien, unabhängig von voraufgegangener Belichtung oder Verdunkelung. Einige Stäbchen waren in der ganzen Ausdehnung des Aussengliedes tief schwarz, andere nur olivenfarbig, sehr viele am einen Ende heller, und wo etwas vom Innengliede anhaftete, so dass Vorn und Hinten daran zu bestimmen war, fanden wir ohne Ausnahme, bei ungleichmässig vertheilter Färbung, die hellere hinten. Stärkere Schwärzung in der Mitte, zwischen zwei helleren Enden, wurde niemals beobachtet, obwohl wir manches Stäbchen antrafen, das in der Mitte eingerissen, gedrückt und so beschaffen war,

dass das Reagens dort gewiss am leichtesten Zugang fand. Ohne annehmen zu wollen, dass die farblosen, nicht aus Fett bestehenden Klümpchen des Epithels grade mit dessen regenerativem Vermögen für den Sehpurpur in Beziehung zu bringen seien, meinen wir ihnen doch eine Bedeutung bei dem ganzen merkwürdigen Stoffwechsel zwischen Stäbchen und Epithelzellen zuschreiben zu müssen und, obwohl man weder in den Stäbchen noch im Nervenmarke den die Osmiumreduction bedingenden chemischen Körper kennt, so dass man nur im Allgemeinen eine Betheiligung von Spaltungsproducten der Fette oder des Lecithins dabei anzunehmen pflegt, auch die Fetttropfen des retinalen Epithels in ähnlichem Sinne beachten zu sollen. Die letzteren kommen jedoch auch nicht allgemein vor; wir vermissten sie unter den Säugern beim Schweine, dem Rinde und dem Hunde, sowohl auf, wie neben dem Tapetum. Beim Kaninchen waren sie constant und auch bei dunkel gehaltenen Thieren vorhanden, aber nicht erkennbar oder so schwach gefärbt, wie es das Bindegewebsfett hier zu sein pflegt. Beim Frosche, wo alles Fett intensiv goldgelb gefärbt ist, sind es auch die Tropfen des Retinaepithels, und es ist uns unmöglich gewesen in der Löslichkeit, durch Reactionen oder an dem spectroskopischen Verhalten des aus den Augen einerseits, aus dem Fettkörper (auch aus der Haut) andrerseits isolirten gelben Pigments, irgend welche Unterschiede zu finden. Herrn *Capranica's* Untersuchungen (l. c.) über die durch Licht wenig veränderlichen Farbstoffe der Retina, werden nach dieser Richtung ausgedehnt, gewiss Manches fördern und vor dem vergeblichen Bemühen schützen, in jenen interessanten, für die chemische Bearbeitung eine wahre Fundgrube bietenden Stoffen nur einen einzigen mit dem Lutein übereinstimmenden (Accad. d. Lincei, Vol. 1, S. 175) anzunehmen. Von der Vogelretina ist es bereits bekannt, dass sie mindestens zwei Farbstoffe in den Zapfen führt, einen grün-

lichgelben und einen rubinrothen, und es ist leicht an dem beliebig verdünnten rothen zu sehen, dass er niemals die Nüance des ersteren annimmt. Derselbe ist dann wiederum von dem Lutein, dieses weiter von den Farbstoffen des Hühnereidotters so verschieden, dass hier mindestens 4 verschiedene, aber in gewissen Reactionen vielleicht Verwandtschaft bekundende Pigmente vorliegen. Diesen gegenüber steht der Sehpurpur mit seinen Zersetzungsproducten, ausgezeichnet durch die colossale Veränderlichkeit im Licht, durch die Unlöslichkeit in Fetten und in den Lösungsmitteln dieser, durch die Entstehung aus farblosem, nur in Galle löslichem Materiale.

Heidelberg, den 9. November 1877.

(Schluss folgt.)

Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente.

Von W. Kühne.

Erörterungen über einige die Gährung, die Fäulniss und verwandte Processe betreffende Hypothesen, welche häufig mit Unrecht als Gährungs**theorien** bezeichnet werden, sind der Gegenstand des Folgenden. Es würde zu weit führen und ist jetzt, wo die Geschichte der fermentativen Processe den meisten Betheiligten gegenwärtig sein wird, unnöthig auf den nur theilweise erfreulichen Entwicklungsgang der wesentlichen Anschauungen über jene wichtige Classe von Naturerscheinungen ausführlich einzugehen, und mehr als den Umstand in Erinnerung zu bringen, dass die Geschichte der Gährung bis heute überhaupt noch kein Stadium gehabt hat, wo von theoretischen Erörterungen ernsthaft hätte die Rede sein können. Gelegentliche Speculationen, deren vorübergehender Werth nicht verkannt werden soll, sind begreiflich nicht ausgeblieben, aber es dürfte Niemanden geben, der darin jemals den Ausdruck einer das ganze vielartige Gebiet auch nur annähernd umfassenden Abstraction gefunden hätte. Unsere Kenntniss fermentativer Processe ist in einem Zustande, wo trotz übergrosser Anzahl sicher gestellter Thatsachen grade diejenigen fehlen, welche man zur Aufstellung von Theorien kennen müsste und wenn es nicht den Anschein hat, als ob die seit vielen Jahren auf dem Gebiete mit aussergewöhnlichen An-

strengungen unternommenen Untersuchungen zu deren Entdeckung führen werden, so ist dies kaum anders verständlich, als weil Gemeinsames da gesucht wurde, wo in Wirklichkeit Verschiedenartiges besteht.

Das Zusammenfassen der Reihe von Erscheinungen, die wir fermentative nennen, unter einen Begriff ist bekanntlich ein Erbstück, das die heutige Biologie von der Chemie empfing; nur war der Werth der Erbschaft am Tage der Uebernahme, als *Mitscherlich* seinen ebenso berühmten, wie oft bekämpften und immer wieder neu entdeckten Beweis lieferte, dass das Muster aller Gährungsprocesse die Anwesenheit eines lebenden Organismus erheische, zweifelhaft geworden. Um das einfache Factum, dass Bierwürze ohne Hefe niemals gährt, ist mit allen nachträglichen Entdeckungen nicht herumzukommen: mag die Hefe dazu wachsen müssen oder nicht, krank sein sollen oder gesund, Sauerstoff bedürfen oder Kohlensäure, so ändert das Alles nichts an dem Umstande, dass Niemand bis heute aus Zucker Alkohol und Kohlensäure zu bilden wusste, ohne die Hefe oder ohne lebende Organismen. Das gleiche Geschick in das biologische Gebiet zu fallen, fanden der Reihe nach die Milchsäuregährung, die Bildung der Buttersäure, die Essigbildung aus Alkohol und vieles Andere, endlich die Fäulniss und Verwesung, denn alles dieses ist später als das Werk von Organismen, obschon anderer, als der Hefe erkannt. Diese Lebensgährungen blieben den übrigen ohne Organismen, oder mit deren Educten erzeugten, wie der Zuckerbildung aus Stärke durch Diastase und Ptyalin, der Zerlegung von Glucosiden durch Emulsin, der Pepsinverdauung, der Fettzerlegung durch Pflanzentheile oder durch den Pankreassaft und vielen anderen ähnlichen Vorgängen angereiht, und wenn man diese mit einiger Sicherheit auf die chemischen Processe hydrolytischer Spaltung zurückgeführt hatte, schienen ähnliche Aussichten für jene meist nur desshalb berechtigt, weil

sie mit ihnen als Gährungsvorgänge übernommen waren. Neuerdings scheint jedoch die Nothwendigkeit der Trennung zwischen den beiden Erscheinungsclassen eingesehen zu werden und bereits Ausdruck gewonnen zu haben in dem Namen der geformten und der ungeformten Fermente, obschon derselbe die Zusammengehörigkeit der Vorgänge noch anerkennt und nur in Bezug auf das sie bewirkende Mittel trennt.

Die letzteren Bezeichnungen haben, wie bekannt, allgemeine Zustimmung nicht erwerben können, indem von der einen Seite erklärt wurde, man könne chemische Körper, wie das Ptyalin, das Pepsin u. s. w. nicht Fermente nennen, da der Name schon an Hefezellen und andere Organismen vergeben sei (*Brücke*), während von der andern Seite gesagt wurde, Hefezellen könnten kein Ferment sein und heissen, weil man dann alle Organismen, mit Einschluss des Menschen dazu mache (*Hoppe-Seyler*). Ohne weiter untersuchen zu wollen, wesshalb der Name von so entgegengesetzten Seiten solchen Anstoss erregt, habe ich zunächst aus dem blossen Widerspruche Anlass genommen, einen neuen vorzuschlagen, indem ich mir erlaubte, einige besser bekannte, von Manchen als ungeformte Fermente bezeichnete Substanzen Enzyme zu nennen. Damit war an sich keine bestimmte Hypothese verbunden, sondern nur gesagt, dass in der Zyme etwas vorkomme, das diese oder jene zu den fermentativen gerechnete Wirkung habe, aber indem ich den Ausdruck nicht auf das Invertin der Hefe einschränkte, gesagt, dass verwickeltere Organismen, aus denen die Enzyme: Pepsin, Trypsin u. s. w. zu gewinnen sind, nicht so grundsätzlich von den einzelligen verschieden seien, wie es sich z. B. *Hoppe-Seyler* zu denken scheint. Es bestimmte mich noch ein zweiter Grund, nach einem neuen Namen (den ich für unsere Zunge gern anmuthender gefunden hätte) zu suchen. Bekanntlich sind die chemischen Processe, welche man bisher durch sog. ungeformte Fermente zu erregen wusste, ohne Aus-

nahme hydrolytische, während man dies von den wenigsten der durch geformte Fermente veranlassten behaupten, ja vielmehr beweisen kann, dass sie z. B. noch Reductionen und Oxydationen umfassen, und in vielen Fällen eine Anzahl Producte liefern, deren Entstehung durch blosse Spaltung und Zersetzung des Vergährten chemisch schlechthin unverständlich ist, so unverständlich, wie wenn man alle von entwickelteren thierischen oder pflanzlichen Organismen gebildeten Stoffe nur aus Spaltungen der in ihrer Nahrung enthaltenen Körper ableiten wollte. So konnte wohl ein Name beseitigt und durch einen neuen ersetzt werden, wenn man fragen musste, mit welchem Rechte der alte so verschiedenartige Processe als gemeinsame bezeichne, während er das sie erregende Mittel bereits als verschieden anerkannte.

Es scheint eine gewisse Furcht gewesen zu sein, welche die eben berührten, Jedermann bekannten Verschiedenheiten bei Seite schieben und das wenige Gemeinsame ungebührlich in den Vordergrund stellen liess, eine Scheu den Lebensprocessen mehr zuzugestehen, als bis dahin mit chemischen Mitteln erreicht worden. Dennoch begreift man schwer, wie sich Chemiker sehr gemischter Richtung und Thätigkeit nur ereifern mögen, wenn andere von der Strenge und Vorgeschichte eines *Mitscherlich* und *Pasteur* fermentativen Organismen zu wahren suchten, was ihnen thatsächlich eigen ist, und wenn gefährliche Begünstigung der Lebenskraft in unseren Tagen gewittert wird, wo nichts geschieht oder geschehen wird, als die Untersuchung der ganzen Kette chemischer Processe in Organismen. Um sich vor der vermeintlichen, heute Niemanden bedrohenden Gefahr des alten Gespenstes zu schützen, wurde der Ausweg gesucht, alle mit Recht oder Unrecht zu den Gährungen gerechneten Vorgänge auf die Wirkung einer Classe von chemischen Körpern zurückzuführen, also auf ungeformte Fermente, und solche für jeden durch Organismen oder in diesen verlaufenden Process anzunehmen. Bekanntlich

machte *Berthelot* 1860 damit den Anfang, indem er aus Hefe mit Wasser zellenfreie Extrakte bereitete und deren invertirende Wirkung auf den Zucker nachwies. Da alle Alkoholgährung rechtsdrehender Zucker mit der Inversion anhebt, so war hier factisch ein Theil und zwar der erste des ganzen Gährungsactes unabhängig und ausserhalb vom Organismus nachgeahmt, ein chemisches Experiment mit einem Mittel des Organismus an Stelle des physiologischen getreten. Seit dies gelungen, sind 17 Jahre vergangen, während derer man das Invertin zwar besser kennen und isoliren lernte, aber ohne einen zweiten, ähnlichen neuen Körper aus der Hefe zu bringen. Nicht die Alkoholgährung, sondern etwas, das ihr voraufgeht, ist dem Organismus abgelauscht und nachgeahmt, und obgleich weiterhin viele neue Methoden gefunden wurden die Hefe abzutödten, ohne das Invertin zu vernichten, und viele gute Mittel es in Lösung zu bringen, zu fällen und wieder zu lösen, schlug darunter nichts auf die vermuthete andere Substanz an, welcher die Alkohol- und CO_2-Bildung zuzuschreiben gewesen wäre.

Unzweifelhaft berechtigt die Entdeckung des Invertins zu einigen Hoffnungen und scheint bereits in Herrn *Musculus*' Entdeckung des Harnstoff zersetzenden Enzyms Nachfolge gefunden zu haben, so dass gewiss Niemandem verwehrt werden kann, weiter zu hoffen auf den Tag, da man eben so viele Enzyme in der Hand haben wird, wie bis dahin Gährungen gezählt worden. Es fragt sich nur, was in der Zwischenzeit am zweckmässigsten geschieht, ob man auf Hoffnungen Hypothesen errichtet und diese Theorien nennt, oder ob man Hand anlegt einerseits alle erdenklichen Lösungsmittel an den Organismen zu probiren um ihnen die Enzyme zu entreissen, andrerseits den Versuch zu machen davon zunächst abzusehen und alle Einzelprocesse im Leben der Zelle zu entschleiern. Mir scheint, dass vom Letzteren Beides zu geschehen habe, vom Ersteren so wenig wie möglich, dass

man sich aber vor Allem hüten solle zufrieden zu sein, wenn Nichts anschlägt.

Davor zu warnen, wäre überflüssig und geschähe nicht, wenn es nicht augenscheinlich und dringend nöthig wäre. Man schlage die neueste physiologische Chemie S. 114. u. 115. auf, um eine Darstellung zu finden, welche die Existenz eines (ungeformten) Fermentes in der Hefe, das den Zucker in Alkohol und CO_2 zersetzt, wie eine selbstverständliche, des Beweises nicht bedürfende Sache behandelt, ja welche an dem Misslingen aller Versuche das fragliche Enzym darzustellen, so wenig Anstoss nimmt, dass sie das unbequeme Factum in die positive Behauptung verkehrt, das Ferment werde mit dem Tode der Hefe wirkungsunfähig. So wird *Hoppe-Seyler* mit der Frage fertig, dem Tenor nach mehr als zufrieden, fast vergnügt.

Da in solcher Behandlung Gefahr für die Wissenschaft liegt, ist es mehr als Zeit den Unterlagen nachzuforschen, auf welche so viel Zuversicht gesetzt wird. Sind es nur die am Invertin einsetzenden Hoffnungen oder thatsächliche Ergebnisse, die Herrn *Hoppe-Seyler* vorzugehen gestatten, wohin ihm Niemand folgt? Es mag einige Beobachtungen geben, welche ihm ausreichend schienen Das für wahr zu halten, was er wünschenswerth fand, aber ich glaube zeigen zu können, dass alle darauf bezüglichen Thatsachen, die er beobachtet zu haben meint, keine sind.

Seit die Zersetzung der Albumine durch den Pankreassaft von mir erkannt worden, überlegte Herr *Hoppe-Seyler*, wo Albumin verdaut werde, müsse es in derselben Weise geschehen, wie ich es gefunden: neben Peptonen müssten überall auch Leucin und Tyrosin entstehen. Die Herren *Möhlenfeld* und *Lubavin* mussten in seinem Laboratorium darthun, dass die Pepsinverdauung diese Produkte auch liefere. Sie haben sich getäuscht, da sie nicht beachteten, dass die Magenschleimhaut bei der Selbstverdauung in Folge eines darin enthaltenen Körpers, welcher namentlich

Tyrosin in grosser Menge bildet, das ganze von ihnen gefundene Leucin und Tyrosin geliefert, und dass das in Verdauung gegebene Fibrin oder Caseïn nichts dazu beigetragen hatte. Ich erwarte mit Sicherheit dies im *Hoppe*'schen Laboratorium nächstens auch entdeckt zu sehen, da es nichts Einfacheres geben kann, als tyrosinfreien, ausgedauten und dialysirten Magensaft zur Verdauung zu verwenden. Jene vermeintliche Thatsache kann also gestrichen und dafür gesetzt werden: es gibt verschiedene Zersetzungsweisen des Eiweiss durch verschiedene Enzyme. *Hoppe-Seyler* findet weiter, was bekannt war, dass Bacterien oder überhaupt jegliche Fäulnisserreger ausser Peptonen, Leucin, Tyrosin, noch Indol u. s. w. aus dem Albumin erzeugen, ferner dass Ueberhitzen mit Wasser dieselben Produkte liefert, und knüpft daran die Erfahrung, dass ein Theil der Stoffe auch durch Kochen mit verdünnter SH_2O_4 erzielt wird. Demnach sind ihm der Fäulnissprocess, der durch H_2O und der durch SH_2O_4 hervorgebrachte mit dem pankreatischen gleich, und folglich die Bacterien an der Oberfläche mit Pankreatin versehen. Indem ich von dem Vergleiche der durch SH_2O_4 unterstützten oder durch Ueberhitzung erzielten H_2O-Wirkung, worüber geringe Erfahrungen vorliegen, absehe, mache ich geltend, dass die Bacterien das Eiweiss resp. das Pepton weiter zerlegen, als es das Pankreas thut, dass Bacterien das Antipepton angreifen, das Pankreas es nicht thue, dass dieses niemals Indol erzeugt, jene binnen Kurzem dessen Bildung veranlassen, und behaupte endlich, dass unter den hier in Frage kommenden Bedingungen niemals Indolbildung beobachtet ist ohne Gegenwart von Bacterien. Bevor ich dies belege und die Abwesenheit der behaupteten Uebereinstimmung in den genannten Processen eingehend erörtere, füge ich hinzu, dass aus Bacterien auch kein sog. Pankreatin (Trypsin) zu gewinnen ist und beginne hiermit.

Zur Bacterienzucht giebt es bekanntlich nichts Vortheil-

hafteres, als die Substanzenmischung, welche man durch Digeriren von Pankreas bei $35^0 - 40^0$ C. erhält. Allem Anscheine nach liegt dies sowohl in der fast regelmässig von vornherein vorhandenen Infection der Drüse durch organisirte Keime d. h. an der Praeexistenz von Bacterien, wie an der zu ihrer Vermehrung sehr geeigneten, Peptone und manches Andere enthaltenden Lösung, welche sich alsbald bildet. Ich liess solche Mischungen, denen ich noch reichlich Blutfibrin zugesetzt, 24 Stunden bei 35^0 C. stehen, kochte sie darauf, filtrirte durch Leinen und setzte nach dem Abkühlen bis auf die vorige Temperatur, eine Spur ungekocht zurückbehaltener Masse zu, um sie mit den gleichen Bacterien wieder zu impfen, welche schon einmal darin in grosser Menge entstanden waren. Jetzt waren die Enzyme des Pankreas bis auf die verschwindende und ganz zu vernachlässigende Menge, welche an der Impfspitze mit den Bacterien haftete, zerstört, und die reine Fäulniss begann. Nach 8tägiger Digestion wurde die furchtbar stinkende, von den Bacterien stark getrübte Masse auf flachen Tellern bei 35^0 C. verdunstet und deren inficirende Beschaffenheit durch Eintauchen einer damit beschmutzten Nadelspitze an einer neutralisirten, klaren Pepsinpeptonlösung geprüft. Da dieselbe schon nach 5 Stunden Gasentwicklung, üblen Geruch und starke Trübung von massenhaft entwickelten Bacterien zeigte, konnte die Zucht für gut erhalten gelten. Ein beträchtliches Quantum des Bacterienbreies wurde mit Alkohol ganz entwässert, mit Aether im Extraktionsapparate erschöpft und nach dem Trocknen erst an der Luft, dann über SH_2O_4 zum Theil mit kaltem Wasser, andern Theils mit nicht ganz wasserfreiem Glycerin behandelt, die H_2O-Lösung nach 24 Stunden filtrirt, die in Glycerin erst nach 14 Tagen. Beide Lösungen waren klar, geruchlos und gaben keine Spur der rothen Indolreactionen, weder beim Erwärmen mit etwas Salpetersäure oder mit HCl und

salpetrigsaurem Kali, noch mit HCl und dem Fichtenspahn, während sie sich mit Br- oder Cl-Wasser etwas violet färbten. Diese Lösungen zu klaren, neutralen oder schwach alkalischen 1 pCt. Soda enthaltenden Pepsin-Peptonlösungen gethan, liessen dieselben mehrere Tage bei 35—40° C. unverändert, wenn es gelang das Hineinkommen von Bacterien aus der Luft zu verhüten, und gaben dann ebensowenig Reactionen des Indols. Mit Flocken rohen oder gekochten Fibrins digerirt, erzeugten sie daran in 24 Stunden keinen Zerfall und am rohen Fibrin auch nach mehrtägiger Digestion nicht, wenn neue Bacterienbildung durch Salicylsäure von 1 p. m., in alkalischer Lösung durch 1 pCt. Thymol verhütet wurde. Um ganz sicher jede tryptische Wirkung verneinen zu können, wurde das wässrige Bacterienextrakt einer 8tägigen Dialyse auf fliessendem Wasser unterworfen, während Sorge getragen war, dem Dialysorinhalte fortwährend einen Gehalt von etwa 1 p. m. Salicylsäure zu erhalten. Die so gründlich von allen diffusiblen Stoffen gereinigte und stark verdünnte Lösung wurde darauf erst durch Schütteln mit Aether möglichst von der Salicylsäure wieder befreit und durch Verdunsten bei 40° C. auf weniger als das ursprüngliche Volum zurückgebracht. Jetzt mit Bromwasser vorsichtig versetzt, nahm sie keine andere Färbung, als schliesslich die gelbe des Reagens an. Ich habe diese Lösung, welche von bekannten pankreatischen Verdauungsprodukten nichts mehr enthalten konnte, und wenn sie Trypsin enthalten haben sollte, dieses bewahrt haben musste, auf die vorerwähnte alkalische Peptonlösung 8 Stunden wirken lassen, darauf die Mischung zum Sieden erhitzt und stark concentrirt. Sie gab auch so keine Färbung mit Chlor- oder Bromwasser, und als ich sie in bekannter Weise mit Alkohol ausfällte und auskochte, keine mikroskopisch erkennbaren Krystallisationen von Leucin oder Tyrosin.

Ein anderes Quantum des ursprünglichen Bacterienbreies

wurde nach dem Eindunsten bei 40⁰ C. über SH_2O_4 zu trocknen versucht; doch blieb die Masse teigig. Ohne Alkoholbehandlung mit Glycerin zerrieben, lieferte sie nur trübe Filtrate, mittelst derer nichts anderes, als stürmische Bacterienfäulniss zu erzielen war. Bei einem Versuche dieser Art wurde die Extraction monatelang mit krystallisirendem Glycerin über SH_2O_4 fortgesetzt, unter der Exsiccatorglocke filtrirt, was einige Wochen erforderte, und dennoch das Filtrat bacterienhaltig gefunden, sowohl an der Wirkung, wie bei der mikroskopischen Untersuchung einzelner mit wenig reinem Wasser verdünnter Tropfen. Hiernach bleiben also Bacterien in nahezu wasserfreiem Glycerin wirksam und lebendig.

Aehnliche Versuche wurden noch mit anders gezüchteten Bacterien ohne Aenderung des Erfolges angestellt. Ich nahm dazu von überschüssigem Alkali durch längeres Waschen ziemlich befreites Natronalbuminat aus Eierweiss, das ich in kochendem Wasser löste und nach dem Filtriren der Fäulniss, wie sie grade kam, bei 35⁰ C. überliess, ein Verfahren, das mit besonderer Sauberkeit über Bacterien zu arbeiten gestattet. In einigen Fällen verwandelte sich die stark nach Indol und, wenn man es sagen darf, sehr rein darnach riechende Masse ganz in eine dünne weissliche Gallerte, welche nur aus den Zoogloeabildungen der Bacterien zu bestehen schien. Setzte ich hierzu Alkohol, bis die Trübung gerade erheblich verstärkt wurde, so klärte sich die Flüssigkeit nach einigen Stunden und gab einen gut zu bearbeitenden Bodensatz, der kaum Anderes als Bacterien zu enthalten schien. Mit Alkohol entwässert und mit Aether extrahirt, bildete er eine hellgelbliche Masse, welche vor der aus faulendem Pankreasextract gewonnenen schwärzlichen Materie den Vorzug verdiente. Die damit angestellten Versuche Fibrin zu lösen oder Pepton zu zersetzen, fielen indess ebenso negativ aus, wie die früheren. Da in neuerer Zeit bezweifelt wird, dass absoluter

Alkohol Bacterien tödte, muss ich hervorheben, dass meine allerdings ausserdem mit Aether extrahirten Präparate entschieden steril sind.

Nach diesen Versuchen, welche an Bacterien die Behandlung nachahmen, deren Anwendung bei jedem Pankreas zur Gewinnung massenhaften Trypsins führt, dürfte Niemand zweifeln, dass aus den ersteren kein Trypsin oder Pankreatin zu extrahiren ist, und *Hoppe-Seyler*, der dies nach meiner kurzen Ankündigung bereits acceptirt zu haben scheint, kann sich dagegen nicht wol mit der Bemerkung, es sei ohne alle Bedeutung, ob die Bacterien gerade in Wasser lösliche Enzyme enthielten, decken, da er behauptet hatte, sie enthielten Pankreatin, denn dieses und alles, was er selbst darunter nur verstehen mag, ist Geweben mit Wasser zu entziehen, besonders nach voraufgegangener Alkoholwirkung, und müsste vollends den Bacterien entzogen werden, wenn es richtig wäre, was Herr *Hoppe-Seyler* zu wissen versicherte, dass sie es auf der Oberfläche trügen.

Nach Erledigung des letzteren Punktes wird hierauf vermuthlich geantwortet werden, Pankreatin sei, als nicht diffusibel, aus Bacterienleibern nicht, aus den Drüsenzellen des Pankreas dagegen extrahirbar, weil diese der Selbstverdauung unterliegen, eine Betrachtung, welcher sich einige Berechtigung nicht absprechen liesse, wenn nicht die Erfahrung zeigte, dass sog. indiffusible Stoffe recht gut durch kaltes Wasser und Glycerin Zellen zu entziehen sind. Ich brauche nur an die Extraction des wahrlich schwer diffusiblen Hämoglobins aus Blutkörperchen zu erinnern und hinsichtlich der Enzyme das zuckerbildende zu nennen, das aus manchen mit Alkohol behandelten Drüsen, deren Zellen keine Selbstverdauung zeigen, leicht zu bekommen ist, um wenig Wahrscheinlichkeit dafür übrig zu lassen, dass die Bacterien sich in dieser Beziehung anders verhalten. Indess mag immerhin angenommen werden, ein Bacterien-Pankreatin existire, sei aber

schlechterdings nicht von seinem Standorte zu lockern; dann fällt offenbar Dem, der es behauptet, vor Allem der Beweis von der Indentität der Bacterienwirkung mit der pankreatischen zu. *Hoppe-Seyler* erklärt sich unbedingt in diesem Sinne und umgeht meine sehr bestimmte Aeusserung, dass die Pankreasverdauung ohne Bacterien niemals aus Eiweiss Indol erzeuge, mit der Bemerkung, es sei ihm nicht bekannt, ob Versuche von sehr langer Dauer darüber angestellt seien. Obwohl ich bekennen muss nicht zu verstehen, wie man dazu kommt, von der Trypsinwirkung erst nach Monaten vorauszusetzen, was Bacterien, die ja gerade so wirken sollen, im ungünstigen Falle nach 24 Stunden, im günstigen in 5 Stunden zu Wege bringen, gehe ich gern auf den Einwand ein, da mir darüber fast 10-jährige Erfahrungen zu Gebote stehen, deren Mittheilung vielleicht um so willkommener ist, als dieselben auch mich erst nach und nach von einigen Irrthümern befreiten, worin ich Herrn *Hoppe-Seyler* noch befangen sehe.

Als ich 1867 die Bildung von Leucin und Tyrosin aus dem Eiweiss durch das Pankreas fand, habe ich dieses Factum wohl sicher constatiren können, aber meine Beobachtungen über die Produkte länger dauernder Einwirkung der pankreatischen Enzyme an der Stelle abbrechen müssen, wo die ungeheure Schwierigkeit begann, die Mitwirkung der Bacterien zu verhüten. Seitdem ist es mein unablässiges Streben gewesen, die Trypsinwirkung davon frei zu erhalten, und jetzt, wo ich dieses Ziel erreichte, ist an Stelle dessen die Aufgabe getreten, den Bacterien zu geben, was ihnen zukommt, und die Trypsinwirkung von Vielem zu säubern, was ihr inzwischen, leichteren Sinnes, wie mir scheint, aufgebürdet worden. Ich hätte wahrlich nicht jahrelang mit der Publikation der von mir zuerst als Indolreactionen erkannten Erscheinungen bei der Eiweisszersetzung gewartet, nachdem Herr *Baeyer* bereits so freundlich gewesen, ihrer

in seinen berühmten Arbeiten über den Indigo zu gedenken, wenn ich das Indol sicher hätte als Spaltungsprodukt des Albumins bezeichnen können. Dazu durfte ich mich erst entschliessen, als ich dasselbe Produkt durch Einwirkung der Kalischmelze erhalten hatte, da es doch bedenklich war und überhaupt gewagter sein dürfte, als freilich gewöhnlich angenommen wird, alle Substanzen, welche unter ersichtlicher Einwirkung von Organismen entstehen, ohne Weiteres auf Rechnung des ihnen überlassenen Körpers zu setzen. In unserm Falle, wo die procentische Menge des gebildeten Indols gering ist, konnte vollends Niemand wissen, ob es dem Eiweiss oder irgend einer Substanz der Bacterienleiber, die gar kein Eiweiss zu sein brauchte, entstammte. Heute, wo das Indol der Kalischmelze von Herrn *Engler*, das der Bacterienfäulniss von Herrn *Nencki* analysirt ist, meine ich, trotz der zwischen dem Indol und dem auf erstere Weise erhaltenen Pseudoindol bemerkten Differenzen, jene Vorsicht aufgeben und annehmen zu können, dass Indol aus Eiweiss gebildet wird; dass es aber nur geschieht unter dem Einflusse der Bacterien, nicht des Trypsins, glaubte ich gezeigt zu haben, und hat bekanntlich bereits die mir sehr erwünschte Zustimmung Herrn *Nencki*'s, des gründlichsten Kenners der Eiweissfäulniss gefunden, welcher sich *Hoppe-Seyler* nach Kenntnissnahme des Folgenden hoffentlich auch noch anschliessen wird.

In Gegenwart von Salicylsäure, bei alkalischer Verdauung von Thymol, bildet sich unter richtigen Mischungsverhältnissen niemals aus Trypsin und Eiweiss Indol. So einfach dies zu beobachten ist und vermuthlich von Jedermann bestätigt gefunden wird, dürfte dagegen eingewendet werden, dass die genannten Desinfectionsmittel die Trypsinwirkung einschränkten, wie sie factisch die Entwicklung der Bacterien stören oder verzögern. Ich wende mich daher vorerst zu andern Versuchen, die ich ohne Desinfectionsmittel in grosser Zahl vorzunehmen vermochte, seit

es mir klar geworden, dass mit den allerfäulnissfähigsten Dingen weit leichter unbehelligt von Bacterien zu arbeiten ist, als man gewöhnlich annimmt. Es sind nämlich kaum mehr als zwei Bedingungen zu beachten: man muss 1) mit keimfreiem Materiale beginnen und 2) während der Dauer des Versuches eine glatte, unbewegte Oberfläche der Flüssigkeit zu erhalten wissen. Ausserdem ist noch die Jahreszeit zu berücksichtigen, da man im kalten Winter trotz der Brutwärme und geheizter Lokale manches wagen kann, was im Sommer Unheil bringt, ohne Frage deshalb, weil die Atmosphäre im Winter weniger reich an Organismen ist, als im Sommer, wo sie überall massenhaft erzeugt werden. Im Allgemeinen kann ich daher vorausschicken, dass mir vollkommen klare Eiweiss-, Pepton- und Enzymlösungen im Winter fast regelmässig bei mehrtägiger Digestion bacteriensauber bleiben.

Als Verdauungsobject dienten vorwiegend mit Pepsin bereitete, neutralisirte, vollkommen klar filtrirte Peptonlösungen, welche unmittelbar vorher gekocht worden, als Enzym ausser reinem Trypsin, dessen ich hier indess noch nicht gedenken will, frisch bereitete, ebenso durchsichtige Lösungen der Pankreasenzyme, wie man sie nach dem *v. Wittich-Hüfner*'schen Verfahren aus dem Glycerinextrakte durch Fällung und Waschen mit Alkohol und Auflösen des Niederschlages in H_2O erhält. Die Peptonlösung wird in dem Becherglase, worin sie gekocht worden, auf 40°C. abgekühlt, darauf die Enzymlösung zugemischt und die überragende innere Wand des Glases mit einem vollkommen reinen, weichen Tuche trocken gewischt, dann die Oeffnung mit Fliesspapier (niemals mit Glas) bedeckt. So habe ich es möglich gefunden, die Verdauung häufig ohne jede Spur von Fäulniss so lange durchzuführen, bis die oft mehr als 500 Cub. Cent. betragende Lösung nahezu verdunstet war. Man versteht, auf welche Umstände es dabei ankommt. Die Mischung ist anfänglich frei von

Bacterien, — ist sie es nicht, so geht der Versuch schon in den ersten Stunden unter Trübung und Entwicklung schlechter Gerüche verloren, — die Luft unter dem Papierdeckel ist es in vielen Fällen dagegen sicher nicht. Nun mögen häufig viele Bacterien auf die Oberfläche niedersinken; aber sie dringen nicht in dieselbe ein und wirken deshalb weder local zersetzend noch werden sie fähig neue Brut zu erzeugen. Schüttelt oder rührt man die Masse von Zeit zu Zeit, so kann man schon ziemlich sicher sein den Versuch zu verderben, ebenso, wenn man einen Glasdeckel auflegt, da von diesem Tropfen destillirten Wassers herunterfallen oder an den Wänden des Gefässes herabrinnen, dort befindliche Keime benetzen und hinunterführen, was vollends geschieht, wenn man einen Streifen Fliesspapier von der Glaswand in die Flüssigkeit tauchen lässt. Beginnt die Lösung sich durch Verdunsten zu concentriren, so bildet das Pepton an den Glaswänden einen so eigenthümlichen Firniss, der sich vermuthlich in ausserordentlich dünner Schicht bald über die Oberfläche der Lösung zieht, dass so wiederum ein Schutz entsteht. In solchen länger als eine Woche bei Brutwärme allmählich concentrirten Pepton-Enzymlösungen habe ich nun so häufig keine andere Trübung auftreten sehen, als die von auskrystallisirendem Tyrosin herrührende und sie so gänzlich geruchlos gefunden, dass mich das negative Resultat aller Indolreactionen nicht mehr überraschte, und gar kein Zweifel an der Unfähigkeit des pankreatischen Processes zur Indolbildung aufkommen konnte. Ich brauche nicht zu sagen, dass die eingedickten Reste von Leucin und Tyrosin starrten und von Bromwasser tief violet, fast schwarz gefärbt wurden. Mit Salzsäure und einigen Blasen salpetriger Säure behandelt, trat höchstens gelbe, niemals rothe Färbung auf, ebenso beim allmählichen Zusatze von NO_3H zur erwärmten Lösung, und wenn ich die Masse mit Aether ausschüttelte, so war in dessen Rückstande ebenso wenig etwas von Indol zu be-

merken. Dieses Resultat ergaben sowohl alkalische, wie neutrale und schwach essigsaure Verdauungsmischungen.

In ähnlicher Weise sind mir solche Versuche auch mit dem einfach durch kalten Alkohol und Aether vollkommen erschöpften Pankreas und gekochtem Fibrin geglückt, jedoch nur im Winter und indem ich Sorge trug die klumpigen Massen mittelst eines kleineren umgestürzten Becherglases, dessen nach oben sehender Boden tief unter dem Spiegel der Flüssigkeit lag, am Aufsteigen gegen die Oberfläche zu verhindern. Da das Verfahren jedoch umständlich ist und wenigstens vom 2.—3. Tage an häufig und wohl deshalb fehlschlägt, weil kleine weiche Flocken der Fibrinreste an die Oberfläche gelangen und diese im physikalischen Sinne für die Bacterien zugänglich machen, greife ich auf einen andern Versuch zurück, der zwar ursprünglich zu anderen Zwecken, als denen angestellt wurde, zu welchen er hier Verwendung finden wird.

Eine weithalsige, mehr als 500 Cub. Cent. fassende Retorte wurde mit bereits gekochtem Fibrin und etwa 250 C. C. H_2O beschickt und dazu in folgender Weise mit den Enzymen des Pankreas versehen. Die mit Alkohol und Aether erschöpften und an der Luft getrockneten Drüsenstückchen wurden etwas zerrieben, durch feine Haarsiebe abgeschüttelt, das feinste durchgegangene stäubende Mehl, das fast nur aus Drüsenzellen bestand (*v. Wittich*), nochmals mit ganz absolutem Alkohol geschüttelt, filtrirt und alkoholfeucht vom Filter in ein dünnwandiges Probirröhrchen gegeben, auf dessen Boden es wieder durch Alkohol zusammengetrieben wurde. Dann wurde das Röhrchen in passender Höhe vor der Lampe ausgezogen und, nach der Entfernung des Alkohols mittelst des continuirlichen Vacuums zugeschmolzen. So eingeschlossen kam das Drüsenpulver sammt einigen Platinstückchen zum Fibrin in die Retorte, welche darauf in der Mitte ihres Halses zu einer langen engen Röhre ausgezogen

wurde, der man zugleich eine solche Biegung gab, dass die Mündung senkrecht nach abwärts sah, wenn der Körper des Gefässes stark nach hinten geneigt, zum Kochen des Inhaltes geeignet stand. Jetzt wurde die untere nicht verengte Oeffnung durch einen langen Pfropf aus mit Alkohol und Aether gereinigter Baumwolle locker verschlossen, der Retorteninhalt langsam zum Sieden gebracht und darin länger als eine Stunde vorsichtig erhalten, indem man Sorge trug die Massen nicht bis in den Hals emporsteigen zu lassen. Als der Inhalt abgekühlt war, glückte es nach einigen Bemühungen das Röhrchen durch Stossen und Rütteln zu zertrümmern, so dass das ausgekochte Wasser die Enzyme in Lösung brachte. Der Retortenkörper wurde hierauf mit Hülfe des Trägers in einem grossen Wasserbade fixirt und erst eine Woche bei Brutwärme gehalten, dann für lange auf einen Schrank gestellt und gelegentlich wieder einige Tage erwärmt, endlich nach etwa 3 Monaten wieder eine Woche erwärmt und dann erst untersucht. Der Inhalt hatte sich kaum concentrirt und bestand aus einem lockeren, die Glassplitter bedeckenden Bodensatze, worin weisse Tyrosinwarzen zu sehen waren, darüber aus klarer bräunlich gelber Flüssigkeit. Der obere Theil des Wattepfropfes war stark benetzt, ebenso der enge Theil des Halses, weniger der obere weite, aber alle diese Tropfen destillirten Wassers waren klar. An dem jetzt entleerten Inhalte war nicht der mindeste üble Geruch bemerkbar, und die sofort vorgenommene mikroskopische Untersuchung zeigte wol amorphe Körnchen zwischen den Tyrosinkrystallen, aber nirgends Bacterien oder Mikrococcen. Die Verdauungsprodukte in der Lösung waren die bekannten, die Färbung mit Bromwasser colossal, aber NO_3H, HCl und salpetrigsaures Kali erzeugten keine Röthung, und ein mit HCl befeuchteter Fichtenspahn, mit der Lösung getränkt, färbte sich kaum grünlich gelb.

Mehrere Wiederholungen des Versuches, bei welchen die

Digestion nach 1 Monat, nach 14 Tagen und nach 7 Tagen unterbrochen wurde, ergaben die nämlichen Resultate, was besonders hinsichtlich des Ausbleibens der Bacterien hervorzuheben ist.

Es sei mir zu dem Berichte über diesen zuerst im Sommer 1873 angestellten Versuch zu bemerken gestattet, dass er weniger in der Absicht angestellt worden, das Fehlen des Indols nach wochen- und monatelanger Wirkung sämmtlicher Pankreasenzyme darzuthun, obwohl ich ihn bereits einmal in diesem Sinne verwerthete, (Ber. d. deutsch. Chem. Gesellschaft VIII. S. 208), sondern dass er ursprünglich unternommen wurde, um zu zeigen, dass sich unter Umständen, wo sonst Bacterien am sichersten und massenhaftesten entstehen, keine bilden, wenn man das Hineinkommen atmosphärischer Organismen in die zu Anfang keimfreie Mischung sicher verhütet. Ich hatte nach demselben, von *Mitscherlich*, von *v. Dusch* und *Schroeder* herrührenden, von *Pasteur* weiter ausgebildeten Principe bereits die unverdient berühmt gewordenen Versuche von *Bastian* und *Huizinga* über Urzeugung nach deren Recepten wiederholt, wie ich kaum zu sagen brauche, immer mit negativem, dem jener Autoren entgegengesetztem Erfolge und ich hatte es ausdrücklich in der eben geschilderten Weise bezüglich des Abschlusses gethan, weil ich wusste, dass es kein besseres Mittel gibt Bacterien aus der Atmosphäre in gekochte Flüssigkeiten schlüpfen zu lassen, als die *Huizinga*'schen Thonplatten, von welchen man nach einiger Zeit immer trübe Tropfen oder Streifen sich in den Hals der Kolben ziehen sieht, welche ihre Bacterien durch die Poren des feuchten Deckels bezogen und die Infection nach abwärts leiten. Da *Huizinga* gegen Versuche in geschlossenen, obschon mit Luft gefüllten Kolben, welche die zur Abiogenesis möglicherweise nöthige Ventilation ausschlössen, protestirt, dürfte sich das geschilderte Verfahren, bei dem der Wattepfropf dafür gewiss kein grösseres Hinderniss, als die Thonplatte war, noch besonders empfehlen.

Den Versuch später auch bezüglich der Mischung zu ändern und mit der gleichzeitigen pankreatischen Wirkung zu verbinden bewog mich ausser der besonders günstigen Mischung, die damit erfahrungsmässig für das Leben der Bacterien nach und nach hergestellt wird, der Wunsch einmal nachzusehen, ob es vielleicht Urzeugung gebe, wenn einige durch Kochen veränderliche Stoffe, die bisher in allen derartigen Experimenten ausgeschlossen worden, zugegen wären. Nirgends konnte ich eine so grosse und vielartige Sammlung solcher Stoffe finden, als in dem pankreatischen Drüsenpulver, das in die etwas steriler, als es der Gegenstand mit sich bringt, werdenden Versuche über Urzeugung, wie mir schien, einen neuen Factor einführte, welcher bisher nicht blos durch das Kochen, sondern auch durch den Abschluss, wie durch das Filtriren oder Glühen der Luft, bevor man sie zutreten liess, immer ausgeschlossen blieb. Wenn Urzeugung besteht, sagte ich mir, und Diejenigen Recht haben, welche allen Organismen Enzyme zuschreiben, so wird die Zeugungsmischung ausser Eiweiss, Pepton, Leim, Salzen u. s. w. auch wol noch der Enzyme bedürfen, um an's Werk gehen zu können, und nichts leisten, wenn dieselben auf die eine oder andere Weise vernichtet oder fern gehalten sind. Dieser Umstand war nie beachtet und konnte den atmosphärischen Staub, auf den so viel ankam, noch in ganz anderem Sinne wirksam erscheinen lassen, als weil er Keime oder Organismen zutrug. Wie die sog. Fermentsplitter, an die hier gerührt wird, früher so leicht abgethan werden konnten, blieb mir immer unverständlich, da es doch keinem Zweifel unterliegen kann, dass die überall vorkommenden thierischen Excrete solches Material beim Eintrocknen hinterlassen und schliesslich mit dem Staube der Luft reichlich zubringen müssen. Indess sieht man, dass es mit der zeitgenössischen Urzeugung auch mit diesen Zuthaten wiederum nichts ist; ich meinerseits sah darin nichts unerwartetes, wohl aber fand ich durch meinen Versuch, was ich lange bündig zu

erweisen getrachtet, dass die Pankreaswirkung eine total andere ist, als die der Bacterien und mit der Fäulniss und Verwesung nicht identificirt werden darf*).

Ich wende mich zu einer anderen Seite der Frage, nämlich der, ob es ausser dem Pankreas irgendwo Enzyme gebe, welche mehr leisten als dieses, welche also entweder den durch Trypsin nicht angreifbaren, von mir Antipepton benannten Antheil des Peptons und die aus dem Hemipepton stammenden Produkte, Leucin, Tyrosin u. A. zersetzen, oder, um eins, das am leichtesten nachzuweisen ist, herauszugreifen, aus Eiweiss schliesslich Indol bilden. Es liegt mir fern dies von vornherein leugnen zu wollen zu einer Zeit, da wir durch *Hooker*, *Darwin* und viele Andere selbst an den Pflanzen eine so grosse Zahl neuer Enzymwirkungen kennen lernen, aber ich muss mit Bestimmtheit behaupten, dass es bis jetzt von Niemanden constatirt worden, und dass Herrn *Hoppe-Seyler* nur seine Verachtung mikroskopischer Untersuchungen dahin geführt hat es zu behaupten, und statt der Bacterienwirkung anzunehmen, wo er in wenigen Minuten zahlreiche Bacterien hätte sehen können. Jene unglückliche Beobachtung, dass Fibrin bei längerem Stehen unter Aether nach Indol zu riechen und zu zerfallen beginnt, ist es gewesen, welche Enzyme in den Ruf der Indolbildung gebracht hat. Hätte Herr *Hoppe-Seyler* nur ein einziges Fibrinklümpchen durch den Aether gehoben und mit dem Deckglase zerdrückt, so wäre jedes Mikroskop gut ge-

*) Da der obige, zuerst im Sommer 1873 angestellte Versuch die Kenntniss der Unzerstörbarkeit trocknen Trypsins bei 100° C. voraussetzt, kann ich nicht umhin zu erwähnen, dass ich mit dem Factum einige Jahre eher bekannt war, als es von Herrn *Salkowski* durch besondere und anders, als die von mir angestellten Versuche constatirt und veröffentlicht wurde. Damit einen Prioritätsanspruch zu verbinden, finde ich natürlich keinerlei Recht oder Anlass; ich hebe vielmehr ausdrücklich hervor, dass mir die Thatsache z. Zt. der Mitwirkung Herrn *Salkowski*'s am hiesigen Laboratorium im Jahre 1871—72 noch nicht bekannt war.

wesen ihn von seinem Irrthume, dass der Aether ein absolutes Mittel sei das Leben niederer Organismen zu vernichten, zu befreien. Ich glaube dies mit um so grösserer Bestimmtheit sagen zu dürfen, weil ich selbst vor vielen Jahren eine so gute Meinung von der desinficirenden Wirkung des Aethers hatte, dass ich vielfach Mischungen aller Art und Consistenz mit Aether zur Verhütung der Fäulniss zu überschichten pflegte und manchen Versuch über Trypsinverdauung so anstellte, bevor uns die Salicylsäure und das Thymol zu solchen Zwecken beschert wurden. Bis zum Jahre 1869 habe ich sogar, durch den Aether getäuscht, die Meinung gehabt, das Blut enthalte Spuren von Trypsin, denn ich hatte in unter Aether länger als 1 Jahr bewahrtem Hundeblute einen Bodensatz der schönsten, zu dicken Drusen zusammengewachsenen Tyrosinkrystalle gefunden, während ich niemals durch sofortiges Auskochen oder Behandeln mit Alkohol eine Spur dieses Körpers aus frischem Blute hatte gewinnen können. Für mich war dies die erste Veranlassung geworden, die desinfectorische Wirkung des Aethers zu prüfen, und ich fand, dass derselbe in der That zu manchen, nicht zu lange währenden Versuchen brauchbar ist, wenn vorher keine Infektion bestand, so dass ich mich noch heute des Mittels öfter bediene, wenn die zuverlässigeren aus irgendwelchen Gründen nicht anwendbar sind. Dass der Aether jedoch über eine einigermaassen merkliche Anfangsinfection wenig vermag und die Ausbildung colossaler Bacterienzucht nicht verhindert, sieht man leicht an einem beliebigen schlachtfrischen Pankreas, nachdem es mit wenig Wasser zerrieben, erst mit Aether geschüttelt, in Cylindern fusshoch damit überschichtet worden. Im Sommer findet man den Drüsenbrei darunter schon in 24—48 Stunden missfarben und in jedem herausgenommenen Tropfen so mit Bacterien durchsetzt, wie in der üppigsten Fäulniss. Nach solchen Erfahrungen zu erwarten, dass ungekochtes Fibrin, welches während des Auswaschens so gute Gelegenheit

sich zu inficiren findet, mit Wasser unter Aether bewahrt, sterilisirt werde und nicht nach längerer Zeit die Folgen der Entwickelung der anfänglich mitgebrachten Organismen zeige, berechtigt nichts und wird, wie erwähnt, durch die mikroskopische Untersuchung widerlegt zur Zeit, wo die grösseren Flocken anfangen zusammenzusinken, und der Aether wie das Wasser deutlich nach Indol riechen und dessen Reactionen geben. Lässt man die Präparate jedoch sehr lange, mehr als 6 Monate bis 1 Jahr in gut verschlossenen Gefässen stehen, so ändert sich das Aussehen: der Aether und das Wasser werden gelb und die untere ungelöste Masse etwas dunkler grau. Zu dieser Zeit fand ich statt des Indolgeruches einen hyazintartigen und in dem Brei am Boden zwischen den amorphen, natürlich in Molekularbewegung befindlichen Körnchen nichts mehr, das ich mit Sicherheit für Bacterien halten konnte. Wer zu dieser Zeit erst untersucht, kann allerdings Täuschungen unterliegen, aber ich möchte dann fragen, was uns vorauszusetzen berechtigt, dass Bacterien, also Organismen in ihrer eigenen Brühe ewig aushalten. So habe ich denn keinen Zweifel, dass *Hoppe-Seyler* von dem Dogma der absoluten desinfectorischen Wirksamkeit des Aethers von dem Tage an zurückkommen wird, wo er das unter Aether gehaltene Fibrin auf der Höhe des indolbildenden Processes mikroskopisch untersucht haben wird. Dass der Vorgang durch den Aether hinausgeschoben, die Bacterienzucht überhaupt verlangsamt werde, bleibt unbestritten, und der Aether daher überall zulässig, wo man ungekochtes Fibrin für kurze Zeit brauchbar erhalten will.

Es bleibt noch die Angabe *Hoppe-Seyler*'s über Leucin- und Tyrosinbildung ohne Bacterien in einigen Transsudaten zu erörtern. Ich habe mich darüber bereits geäussert (Verh. d. Nat. Med. Vereins z. Heidelberg 1877, Bd. II. S. 1) und finde wol Zustimmung, wenn ich die Beobachtung des Auftretens jener Körper an einfach in Glasröhren eingeschmolzenen Transsudaten

nicht als Beweis annehme, dass darin Pankreatin und keine Bacterien enthalten gewesen. Wer sich an dem, jeden Tag, ohne Aufgeben des Versuches zugänglichen Fibrinpräparate unter Aether täuschte, wird erst zu beweisen haben, dass er die Untersuchungszeit an den eingeschmolzenen Objecten nicht verpasste. Ich selbst habe manche zum Theil durch Punction entleerte, klar filtrirte Transsudate des Pericardium, der Pleura und der Bauchhöhle, wie sie mir gerade zukamen, in jener Weise eingeschlossen, aber allemal Bacterien darin gefunden, wenn sie nach dem Oeffnen übel rochen, was ich ziemlich sicher vorauswusste, wo die eigenthümliche, unverkennbare Trübung darin aufgetreten war. Damit soll indess nicht gesagt sein, dass Transsudate niemals Trypsin enthalten werden, sondern nur, dass es bisher nicht festgestellt sei. Für die von mir in nicht geringer Zahl untersuchten Transsudate, die ich gelegentlich bearbeitete bei einer sehr ausgedehnten Untersuchung über alle Säfte und Gewebe des Thierleibes, in der Absicht nachzusehen, wo das mit dem Pankreassekrete in den Darm ergossene Trypsin bleibe, muss ich jedoch angeben, dass jene Flüssigkeiten ebensowenig Spuren davon aufwiesen, wie die normalen Säfte und Gewebe. Wer den Einwand, welchen *Hoppe-Seyler* gegen das Misslingen der Extraktion des Pankreatins aus Bacterien vorbringt, zulassen will, wird denselben für die bei den Transsudaten und hier im Allgemeinen befolgte Methode fallen lassen müssen, da das Verfahren einfach im Ausfällen durch viel Alkohol, vollkommenes Waschen damit, Extrahiren mit Aether und Lösen der gereinigten Fällung in Wasser, in nicht zu concentrirtem Glycerin oder in Sodalösung von 1 pCt. bestand. War Pankreatin (Trypsin) vorhanden, so musste es so gewonnen und einigermassen isolirt werden, aber ich habe bei keinem dieser Versuche Wirkung auf rohes Fibrin oder auf Pepton bemerken können.

Um auf die Differenz zwischen Bacterien- und Trypsinwir-

kung zurückzukommen, füge ich noch einen, wie mir scheint, sehr wesentlichen Umstand hinzu: alle Trypsinverdauung lässt einen Theil des Peptons, das ich als Antipepton bezeichnete, unangetastet. Man mag letzteres noch so oft mit immer neuen Mengen Trypsins behandeln, und man wird sich überzeugen, dass weder etwas davon verloren geht, noch dass weiterhin Leucin, Tyrosin oder Spuren des mit Brom violet werdenden Körpers auftreten. Inficirt man die Lösung des Antipeptons mit Bacterien, so stellen sich alsbald neue Tyrosinkrystallisationen ein und der Indolgeruch gesellt sich dazu. Endlich wird durch Trypsin aus Leim weder Glycocoll noch Leucin gebildet, durch Bacterien das letztere wenigstens immer in solcher Menge, dass es leicht nachzuweisen ist. Welches Recht kann es also noch geben, Pankreas- und Bacterienwirkung zu identificiren?

Die Untersuchungen *Nencki's* ergeben, welche ungeheure Fülle von Produkten bei der Zersetzung des Albumins durch Bacterien auftritt und wie tiefgreifend dieselbe gegenüber der pankreatischen sein muss. Nicht nur wird das Antipepton mit in die Spaltung gezogen, sondern diese erstreckt sich auch alsbald auf die ersten Abkömmlinge der Peptone, so dass das Leucin und das Tyrosin auch angegriffen werden und neben flüchtigen Fettsäuren, Derivate der aromatischen Stoffe, NH_3, Nitrite, ausserdem SH_2 entstehen. Hätte *Hoppe-Seyler* nicht aus der fälschlichen Meinung, dass eines der letzten Spaltungsprodukte, das Indol eben, durch Pankreaswirkung entstehe, seinen Schluss von der Identität dieser mit der den Bacterien zukommenden, gezogen, so wäre es ihm unbenommen geblieben, in die Organismen ausser der ersteren eine oder mehrere darauf folgende zu verlegen, die nach der tryptischen beginnen könnten. Mir scheint indess, dass sich auch diese Ansicht, soweit sie neben anderen Enzymen ein erstwirkendes mit dem Trypsin identisches annimmt, widerlegen lässt. Geht man auf den Gedanken ein, Trypsin existire

in den Bacterienleibern, obwohl so darin eingesperrt, dass es absolut nicht zu extrahiren ist, so wird man doch annehmen müssen, dass es um für identisch mit dem des Pankreas erachtet werden zu können, mindestens die gleiche Indifferenz gegen eine Anzahl dieses nicht berührender Eingriffe besitzen müsse. Trypsin wird nun durch Alkohol-Aetherbehandlung nicht verändert; ich sah darum nach, ob die Bacterien es würden, indem ich nicht wie früher filtrirte wässrige oder Glycerinextrakte von den mit Alkohol und Aether gewaschenen Bacterienmassen, sondern die letzteren in Substanz anwendete. Da ich mich gleich überzeugte, dass sie nach solcher Behandlung mit H_2O oder Soda von 1 p. Ct. aufgeschlemmt zu gekochten oder rohen Fibrin gethan durchaus keinen Zerfall oder Lösung der Flocken bewirkten, so nahm ich in Rücksicht auf die Meinung von dem absoluten Abschlusse des Enzyms in den Organismen eine diffusible Substanz, um diese in die Bacterien hineindringen zu lassen. Allein so oft ich neutrale oder alkalisirte Peptonlösungen mit der genannten Materie digerirte, habe ich daran nach 5—8 Stunden niemals Bildung von Tyrosin oder Verstärkung der Brom- oder Chlorreaction gesehen. Um darin sicher zu gehen, wurden die Versuche in zwei Weisen durchgeführt, einmal mit der noch etwas Tyrosin enthaltenden und die Bromreaction merklich gebenden Masse, das andremal mit dem unlöslichen Rückstande, der mir nach gründlichem Waschen jener mit Wasser übrig blieb, und der in der That frei von jenen Beimengungen gefunden wurde. In der ersten Versuchsreihe war aus dem Pepton durch sorgfältiges Fällen und Auskochen mit Alkohol Tyrosin zu erhalten, aber so wenig, dass keinem Kenner der Trypsinverdauung einfallen konnte, darin etwas Anderes zu sehen, als das mit dem reichlich zugesetzten Bacterienmateriale von Anfang an zugesetzte. Eine Probe der Mischung vor Beginn der Digestion, mit Bromwasser bis zum Maximum der in dieser Verdünnung eben kenntlichen Violetfär-

bung versetzt, erwies sich mit einer anderen nach 8 Stunden vorgenommenen vollkommen gleich. Nach dem zweiten Verfahren wurde endlich weder irgend eine Spur von Tyrosinkrystallen noch Andeutung der Färbung mit Chlor oder Brom erhalten.

Schliesslich wurde die Bacterienwirkung noch unter Vermeidung von Alkohol und Aether mit der des Trypsins verglichen. Ich filtrirte von dem schwärzlichen Bacteriensatze mit der *Bunsen*'schen Pumpe so viel ab, als auf dem Filter nach dem Durchgehen grösserer Mengen blieb, wusch dasselbe einmal mit Wasser aus, vertheilte eine Hälfte des Schlammes in Salicylsäure von 1 p. m., die andere in Sodalösung von 1 Proc., die ich mit so viel Thymol versetzt hatte, dass 1 Proc. davon theils gelöst, theils fein suspendirt war. In beide Proben gab ich sowohl rohes, wie gekochtes Fibrin und digerirte zunächst 24 Stunden. Da in keinem der Gläser der charakteristische Zerfall des Fibrins erfolgen wollte, so wusste ich bereits, dass kein Trypsin gewirkt haben konnte, und da sich dies nach mehreren Tagen in der Brutwärme nicht änderte, wurde zu Versuchen mit Peptonlösungen übergegangen um damit zu dem vermeintlichen, an das ungelöste Fibrin nicht heranzulockenden Enzyme zu dringen. Es wurde dazu eine grössere Menge des abfiltrirten, aber gründlicher als früher gewaschenen Bacterienschlammes genommen, die Peptonlösungen auf den richtigen Gehalt an Salicylsäure oder an Soda und Thymol gebracht, der mit denselben Mischungen seit zwei Stunden angerührte Schlamm hinzugefügt und mehrere Tage erwärmt. Die auf das Sorgfältigste ausgeführte Untersuchung ergab an den Peptonlösungen keine Veränderung: sie rochen nicht, oder nur etwas nach Thymol, gaben keine Indolreactionen, keine Färbung mit Bromwasser, kein Leucin, kein Tyrosin. Da es nicht überall in dieser Darstellung ausdrücklich gesagt ist, wird hier nachgeholt, dass unter in Verdauung gegebenen Peptonlösungen, immer die durch tyrosinfreies Pepsin

gewonnenen des Amphipeptons gemeint sind. — Jetzt wird die Frage gestattet sein, was es für ein Trypsin oder Pankreatin sein solle, das *Hoppe-Seyler* den Bacterien zuschreibt, wenn so zahlreiche Prüfungen niemals Uebereinstimmung, sondern nur Verschiedenheiten ergeben und die letzten Beobachtungen feststellen, dass die Bacterien in zwei guten Desinfectionsmitteln, die ich alltäglich mit dem Trypsin ohne Schaden für dieses verwende, unwirksam machen.

Die Zersetzung der Albumine durch Trypsin hat überall Bestätigung und Verwendung gefunden, während merkwürdiger Weise einige eifrige Mitarbeiter auf dem Gebiete bemüht sind, ihr und sich selbst den Boden zu entziehen. Mit immer neuem Erstaunen liest man in jeder Auflage der physiologischen Chemie von *v. Gorup-Besanez*, das Pankreas zersetze Eiweissstoffe und doch die Bemerkung, der früher viel erwähnte reiche Gehalt der Drüse an Leucin und Tyrosin sei keineswegs widerlegt. *v. Gorup-Besanez* war bekanntlich mit Anderen an der Untersuchung bei mittlerer Temperatur langsam extrahirter Pankreas betheiligt und hatte so ausser enormen Mengen Leucin und anderen Amidosäuren auch das Tyrosin daraus gewonnen. Von dem Tage an, wo durch *Radziejewsky* und durch mich gezeigt wurde, dass frisch mit Alkohol behandeltes oder gekochtes Pankreas kein Tyrosin und nur sehr geringe Mengen Leucin giebt (was *von Gorup* unbegreiflicher Weise für eine Bestätigung der Angabe *Scherer*'s, dass 7 p. Ct. des trocknen Pankreas aus Leucin bestehen, erklärt), vollends von dem Augenblicke an, wo ich nachwies, dass Pankreas mit Fibrin digerirt mehr, als sein eigenes Gewicht Tyrosin liefert, hätte Niemand als die ersten Bearbeiter der Pankreaschemie mehr Veranlassung gehabt, neue Versuche über den Gegenstand zu bringen und einzusehen, dass

man um so ernste Differenzen nicht mit Behauptungen herumkommt, wie die von *v. Gorup-Besanez* gewählte, dass es unmöglich sei, der Drüse auf unsere Weise das Tyrosin zu entziehen. Wie grade dieser Autor, der dasselbe Verfahren für das Glycogen in der Leber empfiehlt, und der es weiss, wie kostbar und kaum umgänglich die Methode für den Nachweis der Praeexistenz vieler Stoffe in Organismen ist, dazu kommt jenen Einwand bei dem im Gegensatze zum Glycogen diffusibelen Tyrosin zu erheben, ist fast schwerer verständlich, wie dass er den folgenden Versuch unterliess, den ich mich schwer entschliesse, ihm abzunehmen. Es gab ja ein ganz einfaches Mittel, ein Pankreas an jeder cadaverösen Zersetzung zu hindern und es dennoch so gut, ja weit vollkommener in Lösung zu bringen und zu extrahiren, als es jemals durch längere Selbstverdauung geschieht. Zu dem Ende zerrieb ich die lebenswarme Drüse entweder sofort mit Glaspulver und absolutem Alkohol oder kochendem Wasser, untersuchte das Gelöste, wie kaum wieder zu sagen nöthig, vergeblich auf Tyrosin und digerirte das Ungelöste mit (tyrosinfreiem) Pepsin und HCl von 4 p. m., worin es mit Hinterlassung einiger Nucleïnreste der Kerne vollständig zerging. Da bei der Selbstverdauung durch das aus den Drüsenzellen kommende Trypsin die gleichen Reste, ausserdem aber das ganze Collagen des Bindegewebes ungelöst übrig bleiben, während das letztere vom Magensafte gelöst wird, so sieht man, dass das Verfahren mehr leistet, als irgend ein früher verwendetes. Die damit erzielte Peptonlösung habe ich in der üblichen Weise auf Tyrosin und Leucin untersucht, aber durchaus nichts davon zu finden vermocht, während die sehr geringen Mengen des Leucins nicht hier, sondern wie früher in dem Kochextracte gefunden wurden. Ich erwarte zuversichtlich nicht in meinem, des Autors Interesse, das Niemanden angeht, (obwohl ich weiss, dass Herr *von Gorup-Besanez* auch für solche

wirken will*), sondern in dem der Wahrheit und der Wissenschaft, dass der in Rede stehende Einwand, welcher lernende Leser in Irrthümer führt, zurückgezogen werde, nachdem seine Verurtheilung mir überlassen wurde.

Gefährlicher für die allgemeine Anerkennung der Trypsinwirkung, als der eben widerlegte Einwand, dürften die Versuche von *Hüfner* sein (Journal für prakt. Chem. N. F. Bd. 5. S. 372), obwohl der Autor keine Ahnung davon zu haben scheint, sondern mit solchem Vertrauen auf die Richtigkeit meines Befundes an die Sache ging, dass er ihn als allgemein gültig und anerkannt meiner Verantwortlichkeit gänzlich enthob. Indem *Hüfner* das *v. Wittich*'sche Verfahren der Glycerinextraction auf mit Alkohol behandelte Pankreas in der verbesserten Weise anwendete, welche dem durch Alkohol im Glycerin erhaltenen Niederschlage die wesentlichen Wirkungen der Drüsensubstanz erhielt und das Produkt wiederholter Lösung und Fällung unterwarf, meinte er das reine sog. ungeformte Ferment erhalten zu haben.

Die Folgezeit hat gelehrt, dass die von *Hüfner* isolirte Materie das reine Enzym nicht ist. Ganz abgesehen davon, dass sie neben dem Trypsin auch das zuckerbildende einschliesst, meine ich, dass die Substanz schon von Dem, der sie analysirte und der darauf eine philosophische Betrachtung über ungeformte Fermente gründete, gleich verdient hätte noch anders, als durch Verbrennung untersucht zu werden. Wenn ich *Hüfner*'s Speculationen richtig verstehe, so haben sie zur Basis die Unveränderlichkeit und Erhaltung der Enzyme im Laufe ihrer Wirkung. Diesen von *Brücke* aus seinen bekannten Untersuchungen über das Verhalten des Pepsins gezogenen Schluss verallgemeinern zu dürfen, war gewiss ein würdiger Gegenstand ernster Bemühungen, um so mehr, als Erfahrungen über das Verhalten des Ptyalins bei der

*) Ber. d. D. chem. G. X. Jahrg. Heft 8. Vergl. d. Umschlag!

Zuckerbildung und selbst einzelne Beobachtungen am Pepsin die allgemeine Geltung des *Brücke*'schen Satzes in Zweifel zu ziehen schienen. Indess ist es mir leider unmöglich gewesen, einzusehen, in welcher Verbindung die procentische Zusammensetzung des sog. Pankreatins mit dieser Frage stehe und nicht minder unverständlich, wesshalb *Hüfner* im Besitz, wenn nicht des reinen, so doch eines besser gereinigten Enzyms, als es Jemand vor ihm aus dem Pankreas kennen gelehrt hatte, jeden Versuch des Nachweises unterliess, dass es bei der Wirkung unverändert bleibe. Das letztere hätte um so mehr geschehen müssen und geschah desshalb durch mich, als nur so zu beweisen war, dass der Körper Fibrin nicht nur zu Peptonen löse, sondern diese z. Th. weiter unter Leucin- und Tyrosinbildung zersetze, denn thatsächlich liegt die Sache so, dass der *Hüfner'sche* Körper denselben Vorversuch erfordert, dessen ich früher bei Verwendung der Drüsensubstanz benöthigt gewesen. Beide besitzen, weil sie Mischungen Trypsin gebender Stoffe mit Albuminen sind, sog. Selbstverdauung und der erstere liefert dabei auch so colossale Mengen an Leucin und Tyrosin, dass deren Bestimmung unerlässlich wird, wenn man nach der Verdauung nur zeigen will, dass zugegebenes Fibrin einen Antheil daran gehabt habe. Hätte Herr *Hüfner* dies gesehen, so war seine Substanz entweder als unrein erkannt, also der Analyse unwerth, oder es war eine Thatsache bemerkt, welche die Basis des speculativen Theiles der *Hüfner'schen* Abhandlung in ihr Gegentheil verkehrte. Ich habe lange zu *Hüfner's* Ausführungen geschwiegen, obwohl mir das, was ich eben zu sagen fand, vor dem Erscheinen derselben schon bekannt war, weil ich die Aufstellungen *Brücke's* für so fundamental in der Lehre von den Enzymen halte, dass ich nicht eher mit meiner Auffassung hervortreten wollte, als bis es mir gelungen war aus sog. Pankreatin das eine Enzym darzustellen, das ich jetzt Trypsin nenne und welches keine Spur pankreatischer Selbstverdauung besitzt.

Spätere Abhandlungen werden über meine darauf bezüglichen, seit einiger Zeit abgeschlossenen Untersuchungen berichten.

Wie wenig ich mich mit dem eben besprochenen Theile der *Hüfner*'schen Arbeit zu befreunden vermochte, so bereit bin ich deren Bemühungen den pankreatischen Verdauungsversuch unter Ausschluss der Bacterienfäulniss (l. c. Bd. 10. S. 1) vorzunehmen, zu schätzen. Es kann in dieser Hinsicht nicht genug geschehen, obwohl kein Erfahrener übersehen hat, dass die Bacterienwirkung selbst an ungekochtem Fibrin meist in Tagen erst leistet, was das Trypsin oder das Pankreas oft scheinbar momentan, im ungünstigsten Falle in 3—5 Stunden hinsichtlich der Auflösung und Peptonbildung zu Wege bringt. Ist indessen erst einmal Pepton gebildet, so wird nicht nur die Entwicklung erstaunlicher Mengen von Bacterien ungemein begünstigt, sondern auch deren zersetzende Wirkung auf ein reichlich vorhandenes und wegen seiner Löslichkeit und Diffusibilität dazu sehr geeignetes Object gerichtet, so dass es von diesem Augenblicke an hinsichtlich der weiteren Produkte sehr fraglich wird, was dem Trypsin und was den Bacterien zuzuschreiben ist. Herrn *Hüfner*'s unter möglichstem Ausschlusse der Bacterien mit dem von ihm dargestellten Rohenzyme erhaltenes Resultat, dass die länger digerirte Masse geruchlos bleibt, wird daher jeder Zeit schätzenswerth sein.

Eingestanden oder stillschweigend entnimmt die Annahme der Enzyme in Bacterien einen ihrer Gründe den bekannten Versuchen von *Helmholtz* über das Durchgreifen der Fäulnissprozesse durch Membranen (*Müller*'s Archiv. 1843. S. 453). Ich habe dieselben in folgender Weise ausgeführt. Noch warme Muskeln des Hundes wurden in kleine Stückchen zerschnitten, mit Wasser angerührt und starke Probirröhrchen zu $^{2}/_{3}$ damit angefüllt. Hierauf wurden deren Oeffnungen

mit in Alkohol conservirter, in Wasser wieder erweichter Schweinsblase so vollkommen wie möglich verbunden. Einige Röhrchen erhielten darüber oder darunter noch einen Schutz von starkem vegetabilischen Pergament. Darauf wurden die Röhren in ein tiefes Wasserbad, mit der Mündung nach unten versenkt und einige Zeit im Kochen erhalten, was bei dem Pergamentschutze lange auszuführen war, bei dem durch Blase allein hergestellten alsbald seine Grenze an dem Zerkochen der Membran fand. In welcher Weise der Verschluss wirkte, liess sich beim Abkühlen beurtheilen, denn es fing in jeder Röhre das Sieden wieder an und wirbelte die Fleischstückchen empor, wenn man sie etwas aus dem noch heissen Bade emporhob, so dass der obere Theil sich abkühlte; nach dem Erkalten waren die Membranen anfangs überall stark nach innen eingebogen. Die Röhren wurden mittelst einer Glasschaale, welche etwas von dem abgekühlten Kochwasser aufnahm, so herausgenommen, dass die Mündungen fortwährend eingetaucht blieben, jede Röhre im Halter fixirt, das innere Niveau bezeichnet, rohe Fleischstückchen in das äussere Wasser gethan und das Ganze bei 30° bis 35° C. erhalten. Der Eintritt der Fäulniss war aussen nach 24 Stunden schon bemerkbar, sowohl an dem Geruche, wie an den ziemlich reichlich in der äusseren Flüssigkeit enthaltenen Bacterien; doch war die Reaction noch sauer. Jenseits der Membranen war nichts Auffälliges zu sehen, das Niveau unverändert oder hie und da theils gesunken, theils ein wenig gehoben. Am folgenden Tage reagirte der äussere, schön rothe, aber stinkende Brei, deutlich alkalisch, und im Innern der Röhren hatten neu entwickelte Gase das Niveau überall herabgedrückt und die Membranen merklich nach aussen gebogen. Man sah auch, wie es *Helmholtz* beschreibt, Gasbläschen an den grauen gekochten Fleischstücken hängen und beim Aufstossen grössere Blasen von der Membran und den untersten Stücken nach aufwärts steigen. Es wurden jetzt einige Röhren herausgenommen, in

der gleichen Stellung aussen und am Verschlusse sehr sorgfältig abgewaschen und der Inhalt untersucht. Derselbe reagirte überall sehr deutlich sauer, roch höchst unangenehm faulig, weniger nach Indol, als nach den eigenthümlichen Stoffen faulender Theile des Hundes und enthielt nur in einer der Röhren unzweifelhaft grössere Mengen von Bacterien, die sich sowohl in der seifenartig schmierigen Masse, welche die Membran (Blase) innen bedeckte, wie unter den an der Oberfläche schwimmenden Fetttröpfchen, weniger in der Flüssigkeit selbst befanden. An den andern beiden Röhren war die Infection mit Bacterien jedenfalls zweifelhaft. Der Rest der Röhren wurde am 3. und am 4. Tage untersucht, wo auffälliger Weise nur in einer alkalische Reaction zu sehen war. In allen hatte sich viel Gas entwickelt und entsprechend Flüssigkeit hinausgedrängt und überall waren Bacterien reichlich zu finden. Will man keine Urzeugung annehmen, so kann man hiernach nicht zweifeln, dass diese kleinen Organismen poröse Membranen durchdringen, Blase wohl am leichtesten, da ich diese stark damit durchsetzt und erweicht fand. Aber die Bacterien dringen auch durch gute Verschlüsse von Pergament und sicher nicht durch gröbere Oeffnungen, welche die Fadenhülse z. B. enthalten könnte, die solche Verschlüsse nöthig machen, denn wenn dergleichen in den genannten Versuchen vorgekommen wären, hätte dies am Uebertreten des reichlich in der tiefrothen Aussenflüssigkeit enthaltenen Hämoglobins bemerkt werden müssen, was nirgends zu sehen war. Es bleibt also nur zu erörtern übrig, woher die anscheinenden Zeichen von Fäulniss im Anfange rühren, zur Zeit, wo jenseits der Membran noch keine Bacterien nachzuweisen sind, also der schlechte Geruch und die Gasentwicklung; der erstere dürfte auf Diffusion der riechenden Stoffe, die letztere auf dem Uebergange von Kohlensäureverbindungen, namentlich des aussen entstandenen kohlensauren Ammoniaks beruhen, das durch die

Membran an eine saure Flüssigkeit und zu den sauer reagirenden Fleischstückchen diffundirte. So erklärt sich auch das unzweifelhafte Beginnen der Gasentwicklung in den unteren dicht über der Membran liegenden Massen. Das entwickelte Gas wurde zum überwiegenden Theile von Kali absorbirt.

Somit kann fernerhin auch das Uebertreten der Fäulniss durch Membranen nichts für Enzyme in Bacterien beweisen, und es stehen die darauf zielenden Versuche erfreulicher Weise in keinem Widerspruche mehr mit der bis jetzt ausnahmslos befundenen Erfahrung, dass Enzyme durch Pergamentpapier nicht diffundiren.

Nachtrag zur Geschichte des Trypsins.

In der soeben erchienenen 2. Lief. der vorstehend (nur nach Lief. 1) citirten physiologischen Chemie von *Hoppe-Seyler* finde ich eine das Trypsin und meine darüber bisher im kurzen Auszuge publicirten Untersuchungen betreffende Bemerkung, welche nicht ohne Berichtigung bleiben kann.

S. 256 u. 257 heisst es a. a. O. im Anschlusse an ein Referat über meine Arbeiten: „Durch Pepsinsalzsäure-Verdauung „wird das Trypsin zerstört, nicht umgekehrt das Pepsin durch „Trypsin. — — — 1/2-procentige Essigsäure hindert es nicht in „seiner Wirkung, während eine mehr, als 0,5 p. Ct. HCl oder „Schwefelsäure oder Salpetersäure enthaltende Lösung es an seiner „Wirkung hindert (nach meinen Versuchen zeigt sich die Hinderung „schon bei 0,1 p. Ct. HCl sehr entschieden), bei höherem Gehalte „auch zerstört."

Da *Hoppe-Seyler* mir einen eigenen Versuch mit HCl von 0,1 p. Ct. entgegenhält und ich desshalb die Hoffnung nicht hegen kann, die mir zugeschriebene Angabe, welche auch mit meiner früheren (*Virchow*'s Arch. Bd. 39. S. 161) im Widerspruche stehen würde, als einen Druckfehler seines Buches aufgefasst zu sehen, so muss ich bemerken, dass in meiner Mittheilung vom 4. Febr. 1876 in den Verhandl. d. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg, auf welche sich *Hoppe-Seyler* bezieht, nicht 0,5 p. Ct.

sondern ausschliesslich 0,5 **p. m.** HCl richtig gedruckt ist und dass in keiner meiner weiteren Mittheilungen etwas davon Abweichendes steht, das *Hoppe-Seyler*'s Versehen erklären könnte. Versuche mit Salpetersäure schreibt mir *Hoppe-Seyler* ebenfalls ohne jeden Grund zu, denn ich habe solche weder jemals angegeben noch überhaupt angestellt, ebensowenig Versuche mit Schwefelsäure von 0,5 p. Ct. oder von 0,5 p. m. Hinsichtlich der letzteren dürfte *Hoppe-Seyler* eine Verwechselung mit einem anderen von mir beschriebenen Versuche begegnet sein, der die Fäulniss von 800 grm. Pankreas in 2 Liter Schwefelsäure von **2 p. m.** behandelt. ***W. K.***

d. 4. Dec. 1877.

In CARL WINTER's *Universitätsbuchhandlung* in Heidelberg ist soeben erschienen:

LEHRBUCH

DER

VERGLEICHENDEN ANATOMIE

VON

DR. A. NUHN,

PROFESSOR AN DER UNIVERSITÄT ZU HEIDELBERG.

II. THEIL.

ANIMALE ORGANE UND APPARATE DES THIERKÖRPERS.

MIT 335 HOLZSCHNITTEN.

INHALT.

I. Organe der Bewegung.
- A. Passiver Bewegungsapparat, Stützorgane oder Skelete.
  - 1. Vom Skelet überhaupt.
  - 2. Vom Skelet im Besonderen.
- B. Activer Bewegungsapparat.
  - 1. Muskelapparat der Wirbelthiere.
  - 2. Muskelapparat der wirbellosen Thiere.
  - 3. Elektrische Organe der Fische.

II. Organe der Empfindung, Nervenapparat.
- A. Nervensystem.
  - I. Nervensystem der Wirbelthiere.
  - II. Nervensystem der wirbellosen Thiere.
- B. Sinnesorgane.
  - I. Sehapparat.
  - II. Gehörapparat.
  - III. Riechapparat.
  - IV. Geschmacksorgan.
  - V. Organ des Fühl- und Tastsinnes.

gr. 8°. brosch. 16 Mark.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

BAND I. HEFT 4.

4. ERGÄNZUNGSHEFT ZU DEN VERHANDLUNGEN DES NATURHISTORISCH-MEDICINISCHEN VEREINS ZU HEIDELBERG.

INHALT.

VERSUCHE ZUR VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE DER VERDAUUNG MIT BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER VERHÄLTNISSE BEI DEN FISCHEN von C. Fr. W. KRUKENBERG. 327. — UEBER LICHTBESTÄNDIGE FARBEN DER NETZHAUT von W. KÜHNE. 341. — UNTERSUCHUNGEN UEBER DEN SEHPURPUR (Schluss) von A. EWALD und W. KÜHNE. 370. — BEMERKUNGEN UEBER DEN NACHWEIS VON ENZYMEN IN DER UNTERKIEFERDRÜSE DES KANINCHENS von J. N. LANGLEY. 471. — ZUR PHYSIOLOGIE DER SPEICHELABSONDERUNG von J. N. LANGLEY. 476.

MIT SECHS TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1878.

Diese Untersuchungen erscheinen in zwanglosen, auch einzeln käuflichen Heften, deren vier einen Band bilden.

Erschienen sind bereits:

Band I. Heft 1. Inhalt: Zur Photochemie der Netzhaut (2. Abdruck) von W. Kühne. — Über den Sehpurpur von W. Kühne. — gr. 8⁰. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heft 2. Über die Verbreitung des Sehpurpurs im menschlichen Auge von W. Kühne. — Weitere Beobachtungen über den Sehpurpur des Menschen von W. Kühne. — Zur Chemie der Altersveränderungen der Linse von Dr. med. M. Knies. — Das Sehen ohne Sehpurpur von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur von A. Ewald und W. Kühne. — Kurze Anleitung zur Verwendung der Verdauung in der Gewebsanalyse von W. Kühne. — gr. 8⁰. brosch. 4 M.

Heft 3. Ueber die Darstellung von Optogrammen im Froschauge von W. Kühne. — Eine Beobachtung über das Leuchten der Insectenaugen von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur. (Fortsetzung von Heft 2.) Von A. Ewald und W. Kühne. — Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente von W. Kühne. gr. 8⁰. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heidelberg.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

ERSTER BAND.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

ERSTER BAND.

MIT 4 HOLZSCHNITTEN UND 7 LITHOGR. TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1878.

Alle Rechte vorbehalten.

Digitized by Google

Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

(Hierzu Taf. II.)

Es sind bis dahin die Versuche im Sinne einer functionellen Vergleichung der verschiedenen Organe am Verdauungsapparate nur selten auf Fische und wirbellose Thiere ausgedehnt worden, sei es weil man einen zu ausschliesslichen Werth auf die Morphologie legte, oder sei es, weil man in der Untersuchungsmethode sich nicht sicher genug fühlte. Die Resultate der vergleichend physiologischen Arbeiten wurden, weil ihre Zahl eine geringe war, um so bereitwilliger aufgenommen und stehen ohne hinlängliche Sichtung neben einander.

Die Mittheilung meiner Versuche wird zur Genüge darthun, wie nothwendig es ist, durch Erneuerung und Erweiterung der physiologischen Versuche den Begriff der Abschnitte und Organe am Verdauungsapparate niederer Thiere klar zu stellen. Ich werde nämlich unter anderem zeigen, dass bei den Fischen die Drüse, welche die vergleichenden Anatomen „Leber" nennen, zuweilen verwickelter im Baue ist und mehr Functionen in sich vereinigt als die Säugerleber, das sogenannte Pancreas oft kein Pancreas ist. Aehnlich und noch mehr muss unsere Auffassung bei Articulaten und Mollusken verändert werden, wie das *C. Claus* (zur

Kenntniss des Baues und der Entwicklung von Branchipus stagnalis und Apus cancriformis. Abhandl. der k. Gesellsch. d. Wiss. zu Göttingen. Band XVIII. 1873. S. 39 und 40) und andere Zoologen bereits erwarteten.

Meine Versuche wurden in der Weise ausgeführt, dass sowohl Glycerinextracte, wie wässerige Auszüge nach der *Kühne*'schen Selbstverdauungsmethode (Unters. aus dem phys. Institute der Univ. Heidelberg, Band I, Heft 2, S. 222) — bei welcher allein schon durch die Alkohol- und Aetherextraction der Gewebe der Eintritt von Fäulniss verzögert wird, — angefertigt wurden, und dass die enzymatischen Lösungen bei alkalischer Beschaffenheit mit Thymol, bei saurer Reaction mit Salicylsäure vor Fäulniss geschützt wurden. Die Controlversuche, welche in irgendwie zweifelhaften Fällen nie unterlassen wurden, bestanden theils darin, dass die enzymatische Verdauungsflüssigkeit gekocht und nach dem Erkalten das Fibrin hinzugesetzt wurde, theils liess ich auch nur die Zusatzflüssigkeit unter den nämlichen Verhältnissen wie die fragliche Verdauungslösung auf das Fibrin einwirken. Glycerinextracte wurden besonders dann bevorzugt, wenn es sich um den Nachweis des Pepsins handelte, die wässerigen Auszüge hingegen, wenn die Gegenwart des Trypsins dargethan werden sollte. Die Selbstverdauungsmethode, sehr wohl anwendbar bei der Astacusleber, lieferte mir bei den Molluskenlebern eine entweder unwirksame oder nur schwach verdauende Lösung. Diese Erscheinung wird wohl in dem sehr schleimigen Niederschlage, welcher bei Wasserzusatz in diesen Geweben entsteht, ihren Grund haben. Mittelst Glycerin erhielt ich aber aus den Cephalopoden- wie Limacidenlebern stets ein sehr wirksames Enzym, und das ist der Grund, weshalb in diesem Falle die Versuche ausschliesslich mit dem Glycerinextracte ausgeführt wurden. Nachdem ich mich an den Enzymen der verschiedensten Thiere überzeugt hatte, dass sich in allen Fällen eine Temperatur von

37°—40° C. für derartige Versuche am günstigsten erweist, wurde diese im Allgemeinen eingehalten.

Was zunächst die Verdauung bei den Wirbellosen betrifft, so sind zuerst[1]) von *Samuel Basch*[2]) an Periplaneta (Blatta) orientalis L. Versuchsreihen ausgeführt, welche ergaben, dass das Speicheldrüsenextract dieser Thiere Stärke saccharificire und Fibrin in saurer Lösung verdaue. Der Befund eines diastatischen Fermentes in diesen Drüsen hat im Laufe der Zeit keinen Widerspruch erfahren; wohl aber hat *Jousset*[3]) die peptische Wirkung des Speichelextracts von Blatta bestritten, und auch ich war, wenn das Verdauungsrohr bei der Drüsenpräparation unverletzt erhalten wurde, ausser Stande, Pepsin in diesem Organe aufzufinden. Wie Herr Geh. Rath *Kühne* mir gütigst mittheilt, so ist er ebenfalls bei seinen frühern Untersuchungen zu demselben negativen Resultate gelangt. *Jousset* verlegte vielmehr die Pepsinbildung bei diesem Insect in die Blinddärme, deren Secret sich hinter dem Kaumagen in das Verdauungsrohr ergiesst. Ausserdem sollen diese Organe nach *Jousset* ein das Fett emulgirendes Ferment secerniren. Die Function der Blinddärme ist durch diese Angaben nicht erschöpfend ausgedrückt. Das Ferment, welches ich aus diesen Organen erhielt, verdaute rohes wie gekochtes Fibrin sowohl in saurer wie alkalischer Lösung. In letzterer Lösung bildete sich als Verdauungsproduct auch jener Körper, welcher die Bromwasserreaction[4]) veranlasst.

---

[1]) Ueber ältere Arbeiten ohne durchschlagenden Erfolg, vergl. *F. Plateau*, Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les Insectes. Mém. de l'acad. royale de Belgique. Bruxelles 1875. T. XLI.

[2]) *S. Basch*, Unters. über das chylopoetische und uropoetische System der Blatta orientalis. Sitzungsb. der Wiener Acad. d. Wiss. Bd. XXIII. No. 25. S. 234—260.

[3]) *Jousset*, Recherches sur les fonctions des glandes de l'appareil digestif des Insectes. Comptes rendus 1876, T. 82, pag. 97.

[4]) *Tiedemann u. Gmelin*, Die Verdauung etc. 1831. S. 31 u. 32. *Kühne*, (Anwendung von Brom- statt Chlorwasser), Ueber Indol aus Eiweiss. Berichte d. chem. Ges. Jahrg. VIII. S. 207.

Dieses Ferment vereinigt also in sich die Eigenschaften des Pepsins und Trypsins, von welchen es vielleicht nur ein Gemisch darstellt. Der Magen hat bei Blatta nach *Jousset's* Meinung nur die Aufgabe der Zuckerabsorption zu erfüllen. Alle Autoren sind in dem Punkte einig, dass die Malpighischen Gefässe Harnorgane sind, und ohne verdauende Kraft auf Stärke, Fett und Eiweisssubstanzen. Schon vor *Jousset* hatte *Felix Plateau* Untersuchungen über die Verdauungsvorgänge bei den verschiedensten Insecten angestellt und seine Resultate mitgetheilt [1]). *Jousset* [2]) hatte jedoch gegen ihn [3]) beansprucht zuerst die Reaction des Secretes der Blinddärme exact nachgewiesen zu haben. So wichtig nun aber die Reaction (ob sauer oder alkalisch) für die Secrete bei höheren Thieren ist, ebenso irrelevant ist sie für das Secret der Insectenblinddärme (speciell der Blatta), da, wie ich bereits berichtete, deren Ferment sowohl in saurer als in alkalischer Lösung die Eiweissstoffe peptonisirt. Auch scheint es, dass innerhalb anderer Arthropodengruppen, nämlich bei den Krustaceen, die Reaction des sogenannten Lebersecretes sich nicht gleichartig verhält. So ist das Secret der Leber von Eriphia spinifrons Savigny im Leben stark alkalisch, während ich, in Bestätigung der Angabe von *Hoppe-Seyler* [4]), das der Astacusleber stark sauer finde.

Hoppe-Seyler [4]) hat weiter bei Astacus fluviatilis gefunden, dass das saure sich in den Magen ergiessende Lebersecret Ei-

---

1) *F. Plateau*, l. c.
— Archives des sciences physiques et naturelles. Tome LIII 1875, Juni. S. 155.

2) *Jousset*, Comptes rendus, t. 82 S. 461.

3) *F. Plateau*, Comptes rendus, t. 82 S. 340.

4) *Hoppe-Seyler*, Ueber Unterschiede im chemischen Bau und der Verdauung höherer und niederer Thiere. Pflüger's Archiv, Bd. XIV, 1876 S. 395—400.

weissstoffe in alkalischer wie saurer Lösung verdaut, die Stärke in Zucker umwandelt und Olivenöl zersetzt. Es enthält somit das Astacuslebersecret dasselbe Ferment, welches ich bei Blatta nachwies. Beide verhalten sich den Eiweisssubstanzen gegenüber nicht wie Trypsin, sondern wie Trypsin + Pepsin. Nach meinen Versuchen wenigstens ist die Wirkung des Astacusleberextractes in saurer Lösung (selbst in 0,2%iger ClH wurde rohes wie gekochtes Fibrin im Laufe von 1—2 Stunden verdaut) ziemlich energisch und nicht so unsicher, wie *Hoppe-Seyler* anzunehmen scheint.

Für die Fische geben *Fick* und *Murisier*[1]) an, dass der Magenauszug von Hecht und Forelle noch bei 0° regelmässig lösend auf geronnenes Eiweiss einwirkt, und dass die verdauende Kraft bei 40° nicht hinter dem künstlichen Magensaft des Hundes und Schweines zurücksteht. Es ist von anderer Seite aus dieser Angabe geschlossen, dass die Wirkungsintensität des Magenextractes von Hecht und Forelle bei einer Temperatursteigerung von 10 bis 40° C. gleich bleibe, während bekanntlich das Pepsin der Warmblüter bei 40° C. das Fibrin rascher verdaut als bei 20 oder gar bei 10° C. Dieses Resultat konnte ich jedoch annähernd nur an in 0,1% ClH stark gequollenem Fibrin erzielen und mich niemals von der Richtigkeit der Angabe *Hoppe-Seyler's*[2]) überzeugen, dass „Extracte der Schleimhaut vom Hechtmagen Fibrinflocken bei 15° schneller als bei 40° verdauen.“

In jüngster Zeit hat Herr *Luchau*[3]) mitgetheilt, dass bei Cyprinus tinca und Cyprinus carpio die sogenannte Magen-

[1]) *Fick* und *Murisier*, Verhandl. der Würzburger phys.-med. Ges. N. F. IV. S. 120.

[2]) *Hoppe-Seyler*, l. c.

[3]) *Luchau*, Vorläufige Mittheilung über die Magenverdauung einiger Fische. Centralblatt f. d. med. Wiss. 1877. No. 28. S. 497.

schleimhaut ein Extract liefert, welches nur bei neutraler Reaction Fibrin verdaut und Stärke saccharificirt. Herr *Homburger*[1]) hatte schon früher ähnliche Versuche an Cyprinus tinca, Chondrostoma nasus, Scardmius erythrophthalmus und an Abramis brama angestellt mit dem Resultate, dass das Extract der Darmmuscosa wie das der sogenannten Leber und selbst die Galle, Fibrin verdaut, Stärkekleister in Zucker verwandelt und Olivenöl zersetzt. In solcher Weise wirkte nach diesem Autor das Wasserextract, nicht aber die mit Salzsäure versetzte Verdauungsflüssigkeit. Mir scheint es nach ausgedehnten Untersuchungen an Cyprinus carpio, als ob Leber[2]) wie Darm ein die Eiweisskörper bei alkalischer wie neutraler Reaction verdauendes Enzym absondern. Dieses Enzym ist nach dem gegenwärtigen Stande unseres Wissens richtiges Trypsin; denn schon *Luchau* wies als ein Product dieser Verdauung das Tyrosin nach, und ich erhielt mit der verdauten Flüssigkeit in ausgezeichneter Weise die Bromwasserreaction. Die Galle von Cyprinus carpio erwies sich bei meinen Versuchen jedoch dem Fibrin gegenüber bei 40° C. als vollständig unwirksam.

Ueber diese theilweise das Aeltere bestätigenden, theilweise es reformirenden Ergebnisse hinauszukommen hat mir ein Aufenthalt in Triest Gelegenheit gegeben. Die Bearbeitung des dort im August und September d. J. gesammelten Materials habe ich vermittelst der Glycerinextracte und Alkoholpräparate im Heidelberger physiologischen Institute unter der Leitung meines werthgeschätzten Lehrers, Herrn Geh. Rath *Kühne*, vollendet.

---

1) *L. Homburger*, Zur Verdauung der Fische. ibid. 1877. No. 31. S. 561.

2) Beiläufig sei bemerkt, dass schon 1827 *E. H. Weber* (Ueber die Leber von Cyprinus carpio, die zugleich die Stelle des Pankreas zu vertreten scheint; *J. F. Meckel*'s Archiv f. Anat. u. Physiologie. Jahrg. 1827, S. 294—299) die Karpfenleber als einen Complex von Pankreas und Leber ansah. Cf. auch *Claude Bernard*, Mémoire sur le pancréas etc. Supplément aux Comptes rendus. 1856. T. I. p. 543.

Ich bitte diese Arbeiten nur als Sondirungen auf dem Gebiete der vergleichenden Physiologie der Verdauungsvorgänge zu betrachten und erlaube mir selbst keine theoretische Verallgemeinerungen über ganze Thierclassen. Ich bin der Ansicht, dass die Untersuchungen über ein viel grösseres Material ausgedehnt werden müssen, bevor man generalisiren darf. Auch sei kurz der Schwierigkeiten Erwähnung gethan, mit welchen experimentelle Untersuchungen zu kämpfen haben. Fehler entspringen einerseits aus der anatomischen Präparation. Es kann z. B. ein kleines Drüschen mit Pancreasfunction sich so dicht den Pylorialanfängen anschmiegen, dass es unbeachtet bleibt. Eine zweite Reihe von Fehlerquellen entsteht aus dem Gelangen der Fermente eines Darmabschnittes in andere Bezirke; solches zwar nicht mit der zuweilen angenommenen Tragweite. Auch ist es nicht unwahrscheinlich, dass die Natur der secernirten Enzyme mit den Lebensverhältnissen, dem Alter, der Ernährung des Thieres, dem Wechsel der Jahreszeiten (letzteres besonders bei Süsswasserfischen) sich verändert. Die beigegebenen schematischen Bilder wolle man ferner nur als einfachsten Ausdruck der von mir gefundenen Thatsachen ansehen; sie sind ohne jede hypothetische Zuthat.

Das Verständniss der mannigfachen Complicationen, auf welche wir bei den Verdauungsvorgängen der Fische stossen, wird, wie ich glaube, sehr erleichtert, wenn die Betrachtung von dem Verhalten ausgeht, welches uns jetzt von Articulaten und Mollusken bekannt ist. Nicht nur bei Astacus fluviatilis und Periplaneta orientalis kennen wir ein Organ, welches ein sowohl in saurer wie alkalischer Lösung Eiweissstoffe verdauendes, Stärke saccharificirendes und vielleicht auch Fette zersetzendes Secret liefert. Zu ganz ähnlichen Befunden führten meine Untersuchungen bei Cephalopoden (Sepiola Rondeletii, Sepia officinalis und elegans, Eledone moschata) und Lima-

ciden (Arion rufus und ater, Limax agrestis und cinereo-ater). Die sogenannte Leber[1]) dieser Thiere, welche einerseits mehr, andererseits (Gallenstoffe fehlen) weniger als die Leber der höhern Wirbelthiere ist und eher der Astacus- und Blattaleber analogisirt werden muss, liefert ein Secret, welches Stärke in Zucker verwandelt und Fibrin (aber, soweit zur Zeit meine Untersuchungen reichen, nur rohes) unter Bildung von Peptonen sowohl in saurer wie alkalischer und neutraler Lösung verdaut, während, wie *Kühne* fand, das sogenannte Cephalopodenpancreas kein Trypsin enthält. Die Speicheldrüsen der Cephalopoden sind so gut wie rein muciparer Natur; ihr Secret hat die Passage der Speise durch den meist engen Oesophagus zu ermöglichen: eine Anschauung, welche auch durch vergleichend anatomische Befunde gestützt wird.

Indem wir wegen der Unsicherheit unserer Versuchsmethoden von dem Vorkommen eines die Fette verseifenden Fermentes absehen, und die Angaben über das Auftreten des diastatischen Fermentes uns für eine spätere Mittheilung vorbehalten, sei hier besonders den eiweisszersetzenden Enzymen unsere Aufmerksamkeit zugewandt. In den Schematen der zugehörigen Tafel ist das Vorkommen des Pepsins (so sei hier ganz allgemein das Eiweisssubstanzen in einer sauren Lösung verdauende Enzym genannt) durch eine blaue Umrandung der versinnlichten Organe[2]) zur

---

[1]) Ein eigenthümlicher Mechanismus, bei den Cephalopoden in dem Spiralmagen, bei den Pulmonaten in schlingenförmig verlaufenden Falten der Darmmucosa (cf. *Gartenauer*, Ueber den Darmcanal einiger einheimischen Gasteropoden. Jena 1875. S. 11—15 u. Fig. III) gegeben, besorgt den Abfluss des Lebersecrets in den vordern wie hintern Abschnitt des Verdauungsrohres.

[2]) Der an zwei Polen unterbrochene Kreis stellt den als Vorderdarm bezeichneten Abschnitt vor, an welchen sich in Form zweier Parallelen der Darm reiht. Die Aussackungen am Darme bedeuten die Appendices pyloricae und die durch einen engern Canal mit ihm verbundenen kleinen Kreise ein Ferment secernirendes Organ, welches vergleichend anatomisch bald als Leber, bald als Pankreas gedeutet wurde. Die einzeln so bezeichneten Organe

Anschauung gebracht, während das Eiweissstoffe in alkalischer und neutraler Lösung verdauende Enzym (hier kurz pancreatisches Ferment genannt) in einer rothen Contourirung seinen Ausdruck findet. Sind beide Fermente in ihrem Vorkommen vergesellschaftet, oder werden sie durch ein einziges Ferment repräsentirt, so ist der Contour purpurfarbig.

Hiernach würden die Verhältnisse, welche sich bei Astacus und Blatta finden, in Fig. 1 ihren Ausdruck finden; denn die Astacusleber lässt sich auch als ein Schlauchaggregat auffassen ähnlich der Pylorialdrüse von Sturio. Die Verdauungseinrichtungen bei Cephalopoden und Limaciden versinnlicht Fig. 2; denn bei diesen Mollusken sondert eine einheitliche Drüsenmasse das so eigenthümliche Secret ab.

Die Verdauungsversuche bei Fischen liefern nun die so interessanten Bilder, welche vielleicht zu dem Schlusse berechtigen, dass aus einer so einheitlichen Anlage der fermentbildenden Zone, wie wir sie in Fig. 1 und 2 repräsentirt sehen, sich die andern Verhältnisse in der Weise herausbildeten, dass die peptische Zone nach vorn hin sich ausdehnte oder verschob, die pancreatische hingegen den ursprünglichen Platz behauptete oder sich umgekehrt über den nach hinten zu gerichteten Abschnitt des Verdauungsrohres ausbreitete (cf. Fig. 3 und 10). Wenn man von dieser Anschauung aus die Sachlage beurtheilt, so zeigt sich die Differenzirung in der Classe der Fische am vollkommensten ausgeführt einerseits bei Thynnus vulgaris, Clupea sardina, Cepola rubescens und andererseits bei Leuciscus und einigen Gobiiden (Fig. 6 und 8). Bei Accipenser Sturio und bei den Haien (Scyllium canicula und ganz besonders bei Mustelus

müssen in dieser Beziehung als ein einheitliches Ganzes aufgefasst werden, weil speciellere Untersuchungen über Zahl und Lage der secernirenden Elemente in denselben zur Zeit noch keinen Aufschluss ergaben. Deshalb wurde auch eine vielleicht naturgetreuere Form der Darstellung von mir hier nicht angewandt.

vulgaris), vielleicht auch bei Rochen, von denen in dieser Beziehung Trygon pastinaca, Torpedo marmorata und mehrere Rajiden untersucht wurden, beschränkt sich der pepsinbildende Bezirk nicht auf den sogenannten Magen, sondern erstreckt sich oft noch weit auf den Darm entlang (cf. Schema 3 und 4). Bei Mustelus vulgaris ist die Leber, von welcher fast 3 Kilo nach der *Kühne*'schen Selbstverdauungsmethode behandelt wurden, frei von Trypsin und vielleicht entbehrt sie auch des diastatischen Fermentes, von welchem sie höchstens Spuren enthalten kann. Ebenfalls enthält die Chymusdrüse und die Milz bei allen oben aufgeführten Selachiern weder Trypsin noch Pepsin. Schon *Claude Bernard* fand (Mémoire sur le pancréas etc. Supplément aux Comptes rendus. T. I. 1856. p. 542), dass das Rochenpancreas ein fettzersetzendes sowie ein diastatisches Ferment enthält; während ersteres Ferment in der Leber und Milz desselben Thieres von diesem Forscher nicht nachgewiesen werden konnte. Die Pylorialdrüse (aber nicht das Pancreas *Alessandrini's*) vom Stör hat, wie einige ältere Autoren richtig ahnten, Pancreasfunction; doch sind auch pepsinbildende Elemente in derselben vertreten. Bei einigen Teleostiern (z. B. bei Zeus faber und Scomber scomber) setzt sich, im Gegensatz zu der bei Haien und beim Stör angetroffenen Vertheilung der Drüsen, die pancreatische Zone auch auf die Magenschleimhaut hin fort (s. Fig. 5). Diese Befunde werden später vielleicht ihre Aufklärung finden, wenn der Nachweis gelingt, dass die Pylorialdrüsen der höhern Vertebraten den Appendices pyloricae der Teleostier homolog sind. Auch treffen wir bei den Knochenfischen auf Verhältnisse, welche in einer Beziehung eine gewisse Unvollkommenheit, in anderer hingegen den höchsten Grad der Differenzirung darbieten. So liefern die bei einzelnen Scorpaenen gewonnenen experimentellen Befunde ein Schema (Fig. 7), welches eine Combination von Nr. 1 (Astacus, Blatta) und von Nr. 8 (Gobius, Leuciscus) darstellt.

Bei einzelnen Fischen kommen die ein pancreatisches Enzym secernirenden Drüsen ganz zum Ausfall, so z. B. bei Conger vulgaris, Anguilla vulgaris[1]) und bei Esox lucius[2]), während umgekehrt pepsinbildende Zellen vielen Cyprinoiden und einigen Gobiiden fehlen (cf. Fig. 9, 10 u. 11).

Bei Cyprinus carpio, Rhombus maximus und Solea vulgaris, ferner bei Scorpaena porcus ist die Bildung dieses Fermentes aber nicht nur auf die dem Darme anliegende Drüsenmasse beschränkt, sondern erstreckt sich, wie es nach allen vorliegenden Untersuchungen den Anschein hat, noch ausserdem auf die Zellen der Darmmucosa (Fig. 10).

Mit Hülfe einer einfachen pankreatischen Verdauung, welches Ferment lediglich in einer oder mehreren (Squilla mantis) Lebern producirt wird, bewältigen auch viele niedere Thiere (Hydrophilus piceus, Squilla mantis, Eriphia spinifrons, Lumbricus complanatus) ausschliesslich ihre eiweisshaltige Kost. Die Ascidien (Ascidia canina, Cynthia microcosmus), welche in ihrer Darmmucosa ein diastatisches Ferment von energischer Wirksamkeit besitzen, entbehren jedes eiweissverdauenden Enzymes; wenigstens lieferten mir Extracte aus je 50—80 Ascidiendärmen ein vollkommen negatives Resultat. Ebenso wenig gelang es mir, aus dem Darmtractus von Hirudo officinalis und aus Actinien (Actinia mesembryanthemum wurde in grosser Menge zu diesen Versuchen verwendet) ein Eiweiss verdauendes Enzym zu gewinnen, während in dem Extracte der Aphrodite-(hystrix)lebern sich leicht die Gegenwart eines pankreatischen Enzymes nachweisen liess.

Die Leber, deren Function in der Bildung eines Reserve-

---

[1]) Das Pankreas, dessen *J. Müller* (Ueber Nebenkiemen und Wundernetze. *Müller's* Archiv 1840. S. 132) beim Aal Erwähnung thut, wird ein rudimentäres Gebilde ohne secretorische Bedeutung sein.

[2]) Bei Esox lucius wurden von *Alessandrini* (Novi Comment. Acad. scient. Instit. Bononiensis, t. II, Tafel XVI) Fettanhänge für Pankreas gehalten.

stoffbehälters (wegen ihres Glycogen- resp. Fettreichthums), in einem die Zusammensetzung des Blutes beeinflussenden Organe (Gallenfarbstoffe) oder in einer Drüse, deren Secret bei der Resorption der Fette von Nutzen ist, gesucht wird, kann, wie wir gesehen haben, bei Fischen (z. B. bei Perca) auch ein wohl entwickeltes Pankreas ersetzen helfen und bei Mollusken und Krebsen, indem sie die Fähigkeit, Gallenfarbstoffe zu bilden verliert, ausser der Pankreasfunction selbst noch die Function der Labdrüsen übernehmen. Mir scheint es für die Klarlegung der Verhältnisse von grossem Werthe zu sein, dass ein Organ, welches in der Thierreihe nach und nach immer mehr von seinen ursprünglichen Eigenschaften einbüsst und dafür mit neuen Functionen betraut wird, ein Organ, dessen anfangs so zahlreiche Functionen nach und nach sich auf viele Organe vertheilen, eine Bezeichnung führt, welche in ihrer Bedeutung nicht zu eng ist. Dieser Forderung wird hier allein der Namen „Leber" genügen, und höchst unvortheilhaft würde es meiner Ansicht nach für die Wissenschaft sein, z. B. für die Astacusleber den Namen „Pankreas" in Vorschlag zu bringen, zumal die Krebsleber viel mehr als das Pankreas der höhern Vertebraten ist.[1])

Schliesslich mögen einige Bemerkungen über das Vorkommen des Pankreas bei den Fischen hier ihren Platz finden. Das sogenannte Pankreas des Störs[2]), des Hechtes[3]) und vielleicht noch anderer Fische verdient diesen Namen nicht; denn theils ist das, was hier als Pankreas bezeichnet wurde, nur eine aus-

[1]) Die Krebsleber wird ihres grossen Fettreichthums wegen auch als Reservestoffbehälter aufgefasst werden müssen.

[2]) *Alessandrini*, l. c. Tafel XIV und XV. Diese Drüse ist vielleicht der sog. Chymusdrüse der Selachier analog. *Brandt* und *Ratzeburg* (Med. Zoologie etc. Bd. II. 1839 S. 55) nannten das als Pylorialdrüse bezeichnete Organ „Pankreas", während *Rathke*, *Carus* und *J. Müller* darin eine zwischen Appendices pyloricae und Pankreas vermittelnde Form sahen.

[3]) *Alessandrini*, l. c. Tafel XVI.

gezeichnete Stelle des Fettkörpers (Esox) oder es sind Drüsen von unbekannter aber anderer Function als sie ein Pankreas versieht (Sturio). Weder das Glycerinextrakt noch die Lösung, welche durch Selbstverdauung aus mehreren Stör pankreas erhalten wurde, liess irgend eine Spur von peptischer oder tryptischer Wirkung auf rohes Fibrin erkennen. Ein physiologisch wie morphologisch zu constatirendes Pankreas findet sich bei folgenden Fischen: Belone rostrata[1]), Rhombus maximus[1]), Mugil cephalus und vielleicht auch bei Perca fluviatilis[1]). Ausserdem ist hier die sog. Gekrösedrüse[2]) der Selachier zu erwähnen. Der so oft wiederholte Ausspruch: „Die Appendices pyloricae können kein Ersatz für das fehlende Pankreas sein, weil bei einigen Fischen sich beides findet" ist nicht nur logisch, sondern auch factisch unrichtig, weil nicht nur an eine Functionsverstärkung, sondern auch an eine Funktionstheilung gedacht werden kann. Meine Versuche zeigen, dass bei Fischen sehr verschiedene Organe (Darmmucosa, Appendices pyloricae, Pankreas im engern Sinne, Leber) ein pankreatisches Secret für die Verdauung liefern können, ohne dass das eine das andere in seinem Vorkommen ausschliesst. So functionirt z. B. bei Carpio Leber und Darmwand, bei Perca Leber und ausserdem noch ein anderes Organ, vielleicht jener als Pankreas bezeichnete (*A. Brockmann*, l. c. p. 19) Drüsenkörper. Bei Scorpaena Darm, Appendices pyloricae und Leber, — und nur sehr selten findet man die Verhältnisse so rein, wie man sie sich a priori wünschte.

Einen genügenden Aufschluss über die Bedeutung der Appendices pyloricae bei den Teleostiern geben meine Untersuchungen zur Zeit noch nicht. Bei einigen Fischen scheinen sie in der That das Pankreas zu vertreten (Sturio, Thynnus,

---

[1]) *Brockmann*, de pancreate piscium, Rostock 1846.

[2]) Dieselbe wurde schon von *Nicolaus Stenon* (De musculis et glandulis observationum specimen. Amstelodami 1664. S. 57) als Pankreas beschrieben.

Cepola rubescens, Clupea sardina), bei andern haben sie vielleicht nur eine Schleimabsonderung zu besorgen (Perca fluviatilis). Fütterungsversuche mit durch Zinnober oder Ultramarin gefärbter Kost haben mir bei Perca bewiesen, dass in diese merkwürdigen Ausstülpungen kein so beträchtlicher Abfluss des Chymus stattfindet, wie man es von Resorptionsorganen erwarten dürfte. Schon *Schellhammer* (Anat. Xiphiae etc. Hamb. 1707. p. 22) sah in den Appendices pyloricae ausschliesslich resorbirende Organe, eine Auffassung, welche theilweise von *Rathke* (Müller's Archiv, 1837, Seite 354), *Meckel* (System der vergl. Anatomie, Bd. IV. S. 228) u. A. adoptirt wurde und in Herrn *L. Edinger* (Ueber die Schleimhaut des Fischdarms etc. Inaugural-Dissertation. Bonn 1876, S. 26), welcher seine Ansicht auf neue interessante Befunde histologischer Art stützt, jüngst wieder einen Vertreter fand. Bei vielen Fischen (besonders bei Thynnus vulgaris) ist jedoch die secretorische Function dieser Anhänge so evident, dass an einer Secretbildung in denselben kaum gezweifelt werden kann. Es muss zwar zugestanden werden, dass besonders da, wo die Ausgangsöffnung der Appendices pyloricae in den Darm weit ist, wie z. B. bei Sturio, auch chymöse Flüssigkeit in dieselben einsickert, welche der Resorption unterliegt, da eine secretorische und resorbirende Function keineswegs einander ausschliessen. Auch das Magenferment gelangt, wie Versuche an Cepola und Clupea sardina lehren, bei einigen Fischen nie in diese Anhänge hinein, deren Extract lediglich eine rein pankreatische Wirkung auf Eiweisssubstanzen entfaltet.

Tafel II.

Die Erklärung der Abbildungen ist durch die Bezeichnungen auf der Tafel gegeben.

Ueber lichtbeständige Farben der Netzhaut.

Von **W. Kühne.**

(Unter Mitwirkung von Dr. **W. C. Ayres** aus New-Orleans.)

(Hierzu Taf. III, IV, V.)

Für einige hier zu beschreibende Farben der Netzhaut wählen wir die Bezeichnung „lichtbeständig" nicht um damit zu sagen, dass sie am Lichte vollkommen echt seien, sondern um sie dem bis jetzt einzig bekannten, im höchsten Grade lichtveränderlichen Pigmente des Auges, dem Sehpurpur gegenüberzustellen. Dass Pigmente, welche Absorptionsfarben darstellen und denen das Zurückhalten bestimmter Lichtwellen eigenthümlich ist, durch Licht auch merklich verändert oder zersetzt werden, ist etwas so Allgemeines, dass man in der Natur, wie in der Technik Mühe hat, wirklich echte Farben zu finden. Es muss ein tiefer, wissenschaftlicher Beachtung würdiger Grund sein, der Kunst und Gewerbe drängt, dauerhafte, dem Lichte widerstehende Farben immer wieder unter den Verbindungen zu suchen, welche auch gegen hohe Temperaturen beständig sind, und da, wo von Mineralfarben abzusehen ist, unter den in so grosser Zahl vorhandenen gefärbten Kohlenstoffverbindungen, vor den prächtigeren diejenigen zu bevorzugen, welche relativ bedeutende Erhitzung vertragen, ohne zersetzt zu werden. Als Muster der letzteren Gattung können die Indig- und Krappfarbstoffe gelten, die zum Theil sogar bei hoher Temperatur unverändert sublimiren, aber auch

von diesen ist es wahrscheinlich, von manchen gewiss, dass sie unter an sich unschädlichen Behandlungen vergehen, wenn sich die Wirkung des Lichtes dazu gesellt; Herrn *Vogel's* Angabe (Ber. d. D. Chem. Gesellschaft X. Jahrg. S. 692), dass das Purpurin durch überschüssiges Alkali im Dunkeln nicht, am Lichte sicher entfärbt wird, haben wir vollkommen richtig gefunden. Im Allgemeinen ist daher gegen den Satz, nur Mineralfarben seien echt, sog. organische Farbstoffe unecht, wenig einzuwenden, doch verdient bemerkt zu werden, dass es unter den letzteren einige grade dem Thierleibe ausschliesslich angehörige giebt, welche die in der Färberei benutzten an Echtheit weit übertreffen. Es sind dies die Farbstoffe des Blutes, vor Allem das reducirte Hämoglobin, an welchem wir Veränderlichkeit durch Licht überhaupt nicht nachzuweisen vermochten [1]) und das schwarze oder

[1]) Mit Recht machte vor kurzem *Hoppe-Seyler* (Zeitschrift f. physiol. Chem. Bd. 1, S. 121.) auf die ausserordentliche Haltbarkeit des reducirten Hämoglobins aufmerksam, den ich bestätigen und mit Rücksicht auf die Lichtwirkung erweitern kann. Ich habe möglichst reine wässrige Hämoglobinlösungen mit durch Wasserstoff reducirtem Eisenpulver und einer äusserst kleinen Luftblase in Glasröhren eingeschmolzen, 9 Jahre conservirt und im Laufe des letzten Jahres im Lichte und in der Sonne liegen lassen, ohne daran spectroskopisch oder durch andere Mittel erkennbare Veränderungen eintreten zu sehen. In einigen dieser Röhren, welche ich seit Jahren in meinen Vorlesungen zu zeigen und vor den Spectralapparat zu setzen pflege, befanden sich von Anfang an so verdünnte Lösungen, dass der einzige Streifen des reducirten Hämoglobins grade gut kenntlich war; derselbe ist heute noch mit derselben Deutlichkeit zu sehen. Wie sich das O-haltige Hämoglobin während längerer Zeit gegen das Licht verhalte, liess sich deshalb nicht feststellen, weil die Lösung überhaupt nicht conservirbar ist, ohne die Beschaffenheit des sog. Methämoglobins oder des in neuerer Zeit als Peroxyhämoglobin bezeichneten Körpers anzunehmen und schliesslich eingreifender, auch ohne Betheiligung des Lichtes, wie es scheint, zersetzt zu werden.

Hinsichtlich des sog. Peroxyhämoglobins bin ich zwar in der Lage, die mannigfachen zuerst von *Gamgee*, kürzlich besonders von *Jäderholm* gefundenen Entstehungsweisen desselben zu bestätigen, aber mit *Hoppe-Seyler* der Ansicht, dass es sich dabei durchaus um keine Entstehung höherer Oxydationsstufen des Hämoglobins mit grösserem Sauerstoffgehalte handelt.

braune Pigment zahlreicher Standorte. Andere Farbstoffe, die der Galle, des Fettes u. s. w. sind wie die meisten Pflanzenfarben

Der Körper von dem spectroskopischen Verhalten des sog. Methämoglobins entsteht bekanntlich auch ohne O-Zutritt unter Einwirkung sehr geringer Mengen von Säure auf das Hämoglobin arteriellen Blutes und ist gerade dann gebildet, wenn an das Vacuum kein O mehr abgegeben wird. Da jeder Zusatz, der die fragliche Substanz erzeugt, das Hämoglobin zugleich dahin verwandelt, dass ihm durch Druckverminderung kein O mehr zu entziehen ist, andrerseits aber alle chemischen Reductionsmittel daraus gewöhnliches reducirtes Hämoglobin erzeugen, das dann mit neuem O wieder in gewöhnliches Hämoglobin übergeht, so wird es ganz erklärlich, wie es auch von anderer Seite schon angegeben wurde und von mir seit vielen Jahren in meinen Vorlesungen erläutert zu werden pflegt, dass die angebliche Synthese oder Reconstruction des Hämoglobins aus Hämatin und Globin keine andere thatsächliche Grundlage besitzt, als die in dem Verhalten des sog. Methämoglobins gelegene. Daraus erhellt weiter, dass der Körper nichts anderes sein kann als die festere, durch Druckverminderung nicht mehr zu lockernde oder nicht mehr dissociirbare chemische Verbindung des O mit dem Hämoglobin, welche eben nur durch chemische Affinitäten zerlegt oder reducirt werden kann. Unter den Mitteln, welche Hämoglobin (natürlich beim Arbeiten an der Atmosphäre) in den fraglichen Körper überführen, d. h. in die Substanz, die man allein treffend, als Oxyhämoglobin bezeichnen würde, fand ich das Trypsin besonders wirksam, und da die weitere tryptische Wirkung, welche zur Bildung von Pepton und Hämatin führt, erst von dem neuen Körper anhebt, hatte ich besondere Gründe in meiner kurzen Mittheilung über Trypsinwirkungen, wo ich auch der auf das Hämoglobin gedachte, keine eingehenderen Angaben darüber zu machen, ob ich in Gegenwart der Atmosphäre arbeitete, was *Hoppe-Seyler* immer ausdrücklich zu beanspruchen scheint. Dass *Hoppe-Seyler* von Andern verlangt, nur reducirtes Hämoglobin Hämoglobin zu nennen, wie er es thut, ist ganz unberechtigt und führt bei ihm selbst zu zahlreichen Inconsequenzen und Unklarheiten der Darstellung, aus denen ihm am wenigsten Anrecht auf so entbehrliche Bemerkungen erwächst, wie die, dass meine Angabe unrichtig sei, womit er sich erlaubt, meine Beobachtung von der Verdauung des Hämoglobins, welche die Basis seiner weiteren Untersuchung bildete, zu begleiten (vergl. l. c.). — Es mag an dieser Stelle noch erwähnt werden, dass die Bildung des echten Oxyhämoglobins zugleich Licht wirft auf die viel erörterte Frage von der Ozonisirung des Blutsauerstoffes, denn das Ozon ist es, das diesen Körper erzeugt. Im Ozonstrome entsteht er so gut, wie durch ozonisirten Aether in Gestalt jener in schönen, glänzenden, braunen, sehr haltbaren Krystallen zu gewinnenden Substanz, und was vom Blutsauerstoffe ozonisirt wird, erzeugt eben an dem ersten Träger des Sauerstoffs, am Hämoglobin selbst das Oxydationsprodukt. Das Hämoglobin zersetzt sich anscheinend von selbst,

am Lichte langsam vergänglich, ob mit oder ohne Betheiligung accessorischer Processe, von Oxydationen z. B. kann zunächst unerörtert bleiben.

Das Auge und die Retina sind, abgesehen von dem schwarzen, auch durch höchst energische chemische Mittel kaum zerstörbaren Pigmente, entweder durch den Besitz des erstaunlich lichtempfindlichen Sehpurpurs, oder durch andere Farbstoffe ausgezeichnet, welche bis heute keine auffälligere Beziehung zum Lichte erkennen liessen, und es wurde darüber bereits die Bemerkung (Heft 1, Seite 28) gemacht, dass das Vorkommen dieser in farbigen Fettkugeln auftretenden Stoffe in ersichtlicher Beziehung zu dem Fehlen oder der Armuth an Sehpurpur stehe. Die Vogelretina ist um so reicher an Sehpurpur, je geringer die Zahl und Farbensättigung der Fettkugeln in den Zapfen ist, vollkommen purpurfrei bei manchen Vögeln, wo die farbigen Fettkugeln besonders entwickelt sind, wie bei der Taube und dem Huhne. Für die Reptilien gilt anscheinend Aehnliches, insofern bei Lacerta z. B. kein Sehpurpur, aber reichlich gelbes Pigment in den Zapfen vorkommt; bei den Schlangen findet sich weder das Eine noch der Andere.

Aus allen Angaben, seit der Entdeckung der retinalen Fettkugeln durch *Hannover*, geht hervor, dass deren Farben in nicht auffälliger Weise vergänglich sind. Alkohol, Aether u. s. w. lösen das Fett sammt der Farbe auf, Siedehitze, Alkalien, mässig concentrirte Säuren verändern sie nicht, kurz es scheinen hier sehr stabile Stoffe vorzuliegen. Da die Farbstoffe ohne Ausnahme in Kugeln vom Verhalten des Fettes auftreten und das Fett als Lösungsmittel etwas wesentlich anderes sein konnte, als das noch unbekannte, vermuthlich aber wasserhaltige Medium, das den

---

weil es den locker gebundenen O nach und nach ozonisirt; man begreift also, wesshalb andere Ozonreactionen am Blute so schlecht glücken: das Hämoglobin macht den angewendeten Reagentien Concurrenz. *W. K.*

Sehpurpur in den Stäbchen einschliesst, stellten wir uns die Frage, ob nicht die drei schönen Farben der Vogelzapfen nach Befreiung vom Fette, in irgend welche wässrige Lösung übergeführt, denjenigen Grad von Lichtempfindlichkeit zeigen würden, welcher ihnen eine dem Sehpurpur ähnliche Bedeutung beilegen liesse. Vom Sehpurpur war es uns schon bekannt, dass er ohne Gegenwart von Wasser bedeutend langsamer bleicht und vollends war am Sehgelb ein hoher Grad von Indolenz sowohl durch Trockenhalten, wie durch Fixiren an sein Substrat oder an manche darauf zur Wirkung gebrachte chemische Verbindungen (Sublimat) beobachtet. In ähnlicher Lage konnten sich lichtempfindliche Pigmente in dem wasserfreien Fette der Zapfenkugeln auch befinden und wenn man sich dachte, dass das Fett auf irgend welche Art partiell zersetzt oder verseift werde, war den ohne Ausnahme purpurfreien Zapfen zu einer photochemisch wirksamen Substanz, von der es da noch gar keine Andeutungen gab, geholfen. Dies war der eine Grund, welcher uns bestimmte, die Farbstoffe der Vogelretina aus ihrer natürlichen Verbindung mit dem Fette zu lösen; ein zweiter lag in dem Wunsche, nach Entfernung des allen gemeinsamen Lösungsmittels einige neue versuchen zu können, um damit die verschiedenartigen Farben von einander zu scheiden. Weder das Eine noch das Andere war durch die wasserfreien Mittel, wie die Alkohole, Aether, Benzol, Chloroform, Schwefelkohlenstoff u. s. w., welche bisher zur Lösung des Fettes verwendet worden, zu erreichen.

Unsere ersten Versuche farbige Extrakte aus der Vogelretina mit absolutem oder verdünntem Glycerin, mit Galle, Seife oder mit gallehaltigem Glycerin zu gewinnen, waren sämmtlich vergeblich; beim Glycerin hatte es zwar oft den Anschein, als ob die Färbung sich, wie in echter Lösung, gleichmässig vertheilte, aber durch das Filter gingen immer nur farblose Tropfen. Der Anschein von Lösung, dem die gute Erhaltung der nach

langer Einwirkung des Glycerins im Dunkeln mikroskopisch noch vortrefflich erkennbaren Farbkugeln auch widersprach, beruhte also auf der gleichmässigen Vertheilung und Lichtbrechung der Masse. Nach dem Ausfalle der Vorversuche blieb nichts übrig, als das anfänglich bedenklich scheinende Mittel der Verseifung, von dem sich jedoch zeigen wird, dass es vollkommen zum Ziele führte.

Wir haben aus örtlichen Gründen zu chemischen Versuchen nur die Retinae von Hühnern benutzt, welche uns in grosser Zahl aus den Gasthöfen Heidelbergs zur Verfügung standen. Taubenretinae, die reicher an rothen Zapfenkugeln sind und sich für unsere Zwecke mehr geeignet hätten, waren nicht in der nöthigen Menge zu beschaffen; wir verwendeten sie nur zu mikroskopischen Untersuchungen. Aus den frischen Hühnerköpfen wurden die Bulbi herausgenommen, aussen sauber abpräparirt, weit nach vorn geöffnet und der ganze Grund mit der Retina nach dem Ausstürzen des Glaskörpers sofort in absoluten Alkohol geworfen. Sobald 70—100 Augen in dieser Weise gesammelt waren, wurde der gelbliche Alkohol abgegossen, auf dem Wasserbade schnell verdampft, der Rückstand mit Aether extrahirt, der sich meist schwach orange färbte, und diese Lösung mit der Hauptlösung, die durch vollkommene Erschöpfung des alkoholfeuchten Präparates mittelst Aether erhalten war, vereinigt. Statt des Aethers ist jedes andere Extraktionsmittel für Fette, Benzol, Petroläther, Chloroform u. s. w. verwendbar, wir fanden aber keine Veranlassung von dem eingeschlagenen Verfahren abzugehen, nachdem wir uns überzeugt hatten, dass keine der genannten Flüssigkeiten aus dem mit Aether erschöpften Präparate noch etwas Farbiges aufnahm und als wir bemerkt hatten, dass jedes der Mittel sämmtliche Pigmente, und von diesen keines vorzugsweise aufnahm. Für kalten Alkohol scheint dasselbe zu gelten, obwohl die Farbe davon nur in geringer Menge aufgenommen wurde, wie es zu erwarten war, wenn die Extraktion

wesentlich von der Auflösung des Fettes abhing, das bekanntlich nur von heissem Alkohol reichlicher gelöst wird.

Die orangerothe Aetherlösung hinterliess beim Verdunsten ein intensiv feuerrothes Fett, das wir nach der Methode von *Heintz* durch Auflösen in der grade hinreichenden Menge kochenden Alkohols unter Zusatz einiger Tropfen sehr concentrirter Natronlauge verseiften. Dabei änderte sich die Farbe anfänglich kaum, sie wurde aber heller mennigroth in dem Grade, wie der Alkohol verdampfte und Seife sich auszuscheiden begann, was besonders nach dem Zusetzen von Wasser erfolgte. Um den Alkohol gut zu entfernen, wurde zu der bereits recht concentrirten alkoholischen Seifenlösung siedendes Wasser gegeben und mit diesem so lange weiter erhitzt, bis jeder Geruch nach Alkohol verschwunden war. Bei den ersten Versuchen verdünnten wir die Seifenlösung so bedeutend, dass sie nach dem Erkalten höchstens die Consistenz dünnen Seifenleims annahm, der dann durchsichtig und von feuerrother Farbe war. Wurde derselbe mit Aether ausgeschüttelt, so färbte sich dieser tief orangegelb, nicht röthlich, während die darunter stehende Seife reiner roth, zinnoberfarben, endlich rosenroth wurde, indem der Aether augenscheinlich vorwiegend gelbe Pigmente entzog und nur purpurne in der Seife gelöst oder suspendirt blieben. Durch Ausschütteln mit neuen Aethermengen brachten wir es soweit, die letzten Antheile farblos abheben zu können, während an der Grenze der Flüssigkeiten eine tief rosenrothe, pulvrige Ausscheidung schwamm und die Seifenlösung nur noch schwach rosa aussah. Den rosenfarbenen Körper zu isoliren gelang sehr schlecht, da das Aethermagma, das ihn einschloss, kaum filtrirte. Auf dem Papiere durch Verdunsten des Aethers und der noch eingeschlossenen Seifenlösung vertrocknet, gab es an Aether und Schwefelkohlenstoff nichts gefärbtes, an heissen Alkohol, an Benzol etwas rosenrothe, an Chloroform sehr schwache Rosafarbe ab. Das

Verfahren gestattete also wohl orange oder gelb gefärbte Pigmente aus der Seife mit Aether zu entziehen, erwies sich aber zur Darstellung der purpurfarbenen, die besonderes Interesse erregten, unzureichend und verfehlte ausserdem häufig darin das Ziel, dass der Aether sich von der Seifenlösung nicht trennte. Nachdem wir mit viel kostbarem Material zu unserem Schaden Lehrgeld gezahlt hatten, wurde der folgende richtige Griff gefunden. Die Seife wurde bereitet, wie schon beschrieben, aber mit einem mässigen Ueberschusse concentrirter Natronlauge, 24 Stunden ins Kalte gestellt, durch Abgiessen als fester Kuchen von der darunter befindlichen, vollkommen farblosen Mutterlauge getrennt, zerbröckelt und mit kaltem Wasser gewaschen, bis das überschüssige Alkali ziemlich entfernt war, d. h. bis das Waschwasser grade anfing etwas Seife in Lösung zu führen, was an dem Auftreten schwach gelblicher oder röthlicher Färbung im Filtrate gut zu erkennen war. So gereinigt konnte die Seife auf dem Wasserbade so weit getrocknet werden, dass sie sich nach dem Erkalten fein zerschaben liess.

Um aus diesem Präparate die Pigmente in Lösung zu bringen, können wir folgende Vorschrift geben, bei der wir nach vielen hier zu übergehenden Versuchen stehen blieben: das Pulver wird zuerst mit Petroleumäther geschüttelt, nach einigen Minuten abfiltrirt, vom Filter mit gewöhnlichem Aether abgespült und so lange damit ausgeschüttelt, als derselbe bei öfterem Erneuern noch Farbe annimmt. Die erste Lösung im Petroläther ist gelbgrün von einem Farbstoffe, den wir Chlorophan nennen, die zweite ätherische orangefarben, verdünnt mehr rein gelb; wir nennen ihren Farbstoff Xanthophan. Wenn die Seife den Aether nicht mehr färbt, ist sie schön rosenroth, also purpurn, ohne jede sichtbare Beimischung von Gelb oder Orange, weder mennig- noch zinnoberfarben. Hat sie die reine Purpurfarbe nicht, so kann man sicher sein, dass sie nach längerem Stehen unter Aether

noch etwas gelbes Pigment hergiebt. Für solche Fälle haben wir es zweckmässig gefunden, sie mit wenig kaltem Alkohol auszuwaschen, der zwar auch etwas Rhodophan, wie wir den dritten Farbstoff nennen, aufnimmt, den letzten Rest von Xanthophan aber sicher entfernt. Die purpurne Seife giebt nun an Terpenthinöl oder an Benzol einen Theil des Rhodophans ab, sodass man prachtvoll rosa gefärbte, klare Lösungen erhält; um jedoch allen Farbstoff in Lösung zu bringen, wissen wir kein anderes Mittel, als die Seife entweder zu zersetzen, oder sie selbst aufzulösen, entweder in heissem Wasser, besser in kochendem Alkohol, was tief purpurfarbene Flüssigkeiten liefert. Schwefelkohlenstoff nimmt von der purpurnen Seife keine Spur Färbung an.

Die Lösungen des Chlorophans und des Xanthophans bedürfen noch einer Reinigung, welche durch fractionirtes Auflösen unter Benutzung der verschiedenen Löslichkeit der einzelnen Pigmente in Petroläther, mit einigem Substanzverluste auszuführen ist. Man dampft die Chlorophanlösung ab und nimmt den Rückstand in einer ungenügenden Menge Petroläther wieder auf; die neue Lösung zeigt den Ausfall der Beimengung von Xanthophan, das mit orangegelber Farbe ungelöst bleibt, deutlich durch ihre jetzt viel mehr in's Grüne schlagende Färbung an. Zur Reinigung des Xanthophans wird dessen ätherische Lösung abgedampft und der Rückstand mit wenig Petroläther ausgewaschen, wobei wieder Chlorophan in Lösung geht und entfernt wird, natürlich nicht ohne Verlust an Xanthophan, der nur einigermaassen durch den Antheil ersetzt wird, welcher in dem ersten Chlorophan steckte. Das chlorophanfreie Xanthophan enthält jetzt noch etwas Rhodophan und um es auch von diesem zu trennen, wird die feste Masse mit Schwefelkohlenstoff behandelt, welcher das letztere, in gallertige Häute eingeschlossen, zurücklässt, während er das Xanthophan mit tief orangerother Farbe

auflöst. Diese Lösung, sogleich und schnell verdunstet, hinterlässt eine dunkelbräunliche Materie, welche sich oft mit Hinterlassung einiger missfarbener, Schwefel enthaltender Krümel, in Aether mit schön goldgelber Farbe löst. Bei dem letzten Theile der Operation sind besondere Vorsicht und sehr reiner Schwefelkohlenstoff erforderlich, da die Farbstoffe sich während des Abdunstens dieses Lösungsmittels leicht zersetzen, so dass der nachträglich benutzte Aether zuweilen trübe, kaum oder sehr zweifelhaft gefärbt abfiltrirt. Schnelles Operiren unter häufigem Schwenken der Schale und sehr mässiges Erwärmen scheinen den Erfolg am besten zu sichern. Da wir die Möglichkeit der Zersetzung des Xanthophans bei der Reinigung kannten, haben wir nicht versäumt, dessen unten zu berichtendes Verhalten mittelst desjenigen Antheiles zu controliren, welcher gleich von vornherein vom Petroläther aufgenommen worden und als frei von Rhodophan ohne Verwendung von Schwefelkohlenstoff ebenso rein erhalten war. Das vom Schwefelkohlenstoff zurückgelassene Rhodophan ist natürlich durch Trocknen und Auflösen in Terpenthin, Benzol oder heissem Alkohol noch in Verwendung zu bringen.

Da ein und derselbe Farbstoff in verschiedenen Mitteln sehr verschieden gefärbte Lösungen bilden kann und dies von *Capranica* auch an den lichtbeständigeren Pigmenten der Retina bemerkt ist, haben wir sowohl das Aussehen wie das spektroskopische Verhalten der eben genannten 3 Pigmente in den einzelnen Lösungsmitteln genauer beachtet. Das Chlorophan löst sich in Aether mit derselben grüngelben Farbe, wie in Petroläther, das Xanthophan in letzterem mit der gleichen orange- bis reingelben, von der Verdünnung abhängigen, niemals grüngelb werdenden Nuance, wie in Aether. Schwefelkohlenstoff löst beide mit tieferer, das Chlorophan mit orangegelber, das Xanthophan mit rothoranger Färbung. Der an den Substanzen auffällige, durch

die grünliche Nuance besonders charakterisirte Unterschied rührt also keineswegs vom Lösungsmittel her. Das Rhodophan, das sich in dem bis dahin erhaltenen Zustande in Schwefelkohlenstoff überhaupt nicht löst, zeigte in den 3 verwendbaren Mitteln für das Auge direkt kaum bemerkbar verschiedene Nuancen, doch waren die Spektra z. Th. incongruent.

Nachdem es gelungen war die Pigmente der Vogelretina von einander zu trennen, hofften wir sie auch von anderen fremden Beimengungen scheiden und vielleicht krystallinisch gewinnen zu können. Indess ist uns dies bis jetzt nicht geglückt, da wir kein Verfahren fanden, die Pigmente von der Verunreinigung durch kleinere Mengen Seife oder Fettsäuren zu befreien. Wir waren der ziemlich verbreiteten Annahme gefolgt, dass Seifen in Benzol, Schwefelkohlenstoff u. dergl. unlöslich seien, aber diese bewährte sich nicht, denn wir fanden die Abdampfungsrückstände aller Pigmentlösungen deutlich seifehaltig, was sich sowohl an der gelatinösen Beschaffenheit vor dem Erreichen vollkommener Trockne, wie an der Ausscheidung fester Fettsäuren und öliger Tropfen nach dem Behandeln mit Säuren zeigte. Von den ätherischen Lösungen überraschte uns dies nach früheren an Seifen des Fettgewebes oder des Eigelbs gemachten Erfahrungen weniger, als an den mit Petroläther oder mit Benzol bereiteten Lösungen, von welchen die letzteren, zur Extraktion des Rhodophans benutzten, sogar den grössten Seifengehalt aufwiesen, und wenn man bei Verwendung gewöhnlichen Aethers, der in demselben Maasse Wasser aufnimmt, wie er selber in Wasser löslich ist, denken konnte, dass er von den nicht absolut trockenen Seifen soviel aufnehme, als dem mit übergehenden Wasser entspricht, so wurde die Erklärung besonders für den Petroläther, der gar kein Wasser aufzunehmen scheint, hinfällig. Der Petroläther schien endlich auch dann noch Seife aufzulösen, wenn diese so vollkommen wie möglich entwässert war, in einem Falle also,

wo nicht einmal Zersetzung der Seife und Uebergang von Fettsäuren in den Aether, was den Uebergang der Seife erst zur Folge haben könnte, stattfinden konnte. Zu unserer Belehrung an den farbigen Fetten des Eigelbs unternommene Versuche, die Alkaliseifen erst in Barytverbindungen überzuführen, welche wir der Aether- oder Benzolbehandlung unterwarfen, fielen auch nicht befriedigend genug aus, um das mit schwerer Mühe aus den Vogelaugen erworbene Material daran zu wagen.

Die dargestellten Farben hafteten also an Seife oder stellten selbst möglicherweise Verbindungen mit Alkali vor. Ohne über das letztere entscheiden zu können, meinen wir auf die Unwahrscheinlichkeit der Annahme aufmerksam machen zu sollen; man müsste denn voraussetzen, dass jene Alkaliverbindungen in Wasser unlöslich seien, um verstehen zu können, weshalb sie sich weder der Vogelretina oder dem daraus gewonnenen Fette, noch dessen Seifen durch Erwärmen mit etwas Alkali oder NH_3 entziehen lassen. Da sich Fette und Fettsäuren in Eisessig lösen, begreift man, dass trockne Vogelretinae auch an dieses Mittel den Farbstoff abgeben, ebenso dass alle daraus erhaltenen Mischungen der Seifen mit den Farbstoffen in Eisessig unter Beibehaltung der charakteristischen Färbung löslich sind. Aus solchen Lösungen scheidet Wasser die Fettsäuren aus und an diesen haftete jedesmal das Pigment. Wir haben die tief gefärbten Seifen auch in heissen Alkohol gelöst, mit wenig Eisessig versetzt, wodurch nur in einem Falle die Farbe verändert wurde, und darauf mit Wasser verdünnt. Hierbei schieden sich die Fettsäuren wieder aus, theils in Krystallen, theils in öligen Tropfen, von denen wieder die Pigmente nicht zu trennen waren. Einmal durch solche Behandlung statt an Seifen von Fettsäuren fixirt, zeigten die einzelnen Pigmente keine Unterschiede mehr in der Löslichkeit, da sich jetzt das Rhodophan leicht in Schwefelkohlenstoff, Aether und Petroläther, das Xanthophan auch schnell

in Petroläther löste, wie nicht zu bezweifeln ist, weil die in allen genannten Mitteln löslichen Fettsäuren jetzt das Führmittel für die Aufnahme der Pigmente bildeten. Die Zerlegung der Seifen durch Ansäuern gewährt immerhin ein gutes Mittel, um jede Art Lösung, auch des Rhodophans, von beliebiger Concentration herzustellen. Das Rhodophan ist dann in der Mischung mit freien Fettsäuren auch in Schwefelkohlenstoff löslich und nimmt darin im Gegensatze zum Chlorophan und Xanthophan keine andere Nuance, wie die in den früheren Lösungsmitteln auftretende purpurrothe an. Mit der Seife in heissem Alkohol gelöst und mit überschüssigem Eisessig versetzt, sahen wir diese schöne Farbe nach und nach gelblich werden und nach 48 Stunden ganz verschwinden, eine Zersetzung, welche im Lichte nicht schneller, als im Dunkeln verlief.

Da die bis soweit gewonnenen Erfahrungen schon einige physiologische Verwendung zuliessen, haben wir zunächst von weiteren Bemühungen, die retinalen Pigmente im Zustande vollkommener chemischer Reinheit zu gewinnen, abgesehen. Die Pigmentseifenmischungen liessen sich z. B. vortrefflich zur Herstellung wässriger Lösungen und damit zur Entscheidung der aufgeworfenen Frage nach der Lichtempfindlichkeit in diesem Falle verwenden. Schon an der direkt aus dem Fette gewonnenen Seife war keine auffälligere Veränderlichkeit durch Licht zu bemerken, obwohl wir unsere Darstellungen im Allgemeinen unter möglichstem Lichtschutze, wenn auch keinem so peinlich vollkommenen, wie beim Arbeiten mit Sehpurpur, vorgenommen hatten. Da indess die tiefe Farbe des Rhodophans in der Mischung das Chlorophan und Xanthophan nahezu unkenntlich macht und nur die letzteren lichtempfindlich sein konnten, wurden auch die getrennten Pigmente in wässrige Lösungen übergeführt. Die kleine Seifenmenge, welche diese verunreinigte, genügte dazu so wenig, dass mit kochendem Wasser gar keine, mit überschüssigem

Alkali auch nur kaum gefärbte Flüssigkeiten zu erhalten waren. Leicht gelang dies aber mit 5procentiger Galle, welche alle 3 Pigmente in hinreichender Menge aufnahm. Die Lösungen gingen erst nach längerem, etwa 24stündigem Stehen klar durch das Filter. Wir fanden sie nicht veränderlicher im Lichte als die bisher mit wasserfreien Mitteln hergestellten. Am meisten sehen wir bis heute nach vieltägiger Exposition an die Wintersonne das Chlorophan, dann das Xanthophan ausgeblichen, während das Rhodophan noch keine Neigung zum Abblassen erkennen lässt, wenn wir es neben die Dunkelprobe halten. Dagegen ist die Lösung dieses Körpers in Terpenthinöl sehr unbeständig, aber im Dunkeln nicht minder, als im Hellen, offenbar weil der Terpenthin sich ozonisirt und so den Farbstoff bleicht. Wir müssen also unsere Frage, ob aus den farbigen Fetten der Vogelretina etwas hervorgehe, das in anderer Weise gelöst, lichtempfindlich sei im Sinne des Sehpurpurs, mit einem entschiedenen Nein beantworten.

Die Darstellungsweise der Farbstoffe macht eine Erörterung unumgänglich über ihre Praeexistenz in der Retina. Mittelst der Spektralanalyse würde hierüber am bündigsten zu entscheiden sein, aber es fehlten uns dazu einstweilen Apparate, welche das Verfahren an dem mikroskopischen Präparate der Retina mit genügender Genauigkeit durchzuführen gestatteten, denn mit dem *Browning*'schen spektroskopischen Oculare, das *Talma* (Onderzoekingen g. i. h. physiol. Lab. t. Utrecht. B. III. II p. 259) zu diesem Zwecke benutzte, wollte es uns nicht gelingen mehr als sehr diffuse Bilder zu erhalten, auf welche hin wir uns nicht getrauen Angaben über die Spektra der in den einzelnen Farbkugeln enthaltenen Pigmente zu machen.

Wer den mikroskopischen Anblick der Vogelnetzhaut kennt, kann nicht zweifeln, dass sie mindestens 3 Farben enthält, eine rubinrothe, eine orange bis rein gelbe, und eine grünlichgelbe, und

es ist uns darum unfassbar, wie man nur auf den Gedanken zu kommen vermochte, allem Augenscheine zuwider so Verschiedenes von einem einzigen Farbstoffe abzuleiten. Es braucht nicht darüber verhandelt zu werden, dass der Augenschein täuschen könne, da es Niemand bezweifelt, aber gegen Evidenzen von der Art der hier vorliegenden ist es gefährlich zu verstossen. Gäbe es nur rubinrothe und orange Fettkugeln in den Zapfen, so wäre es allenfalls glaublich, dass die letzteren den rothen Stoff nur in verdünnterer Lösung enthielten, aber für die grüngelben Zapfenkugeln der Vogelretina setzt die Annahme eines einzigen Pigmentes Etwas voraus, was ohne Fluorescenz unmöglich ist, nämlich dass Grün von unzweifelhafter Deutlichkeit durch Verdünnen von Roth oder Orange entstehe.

Wir haben Retinapräparate an Deckgläsern antrocknen lassen und hierauf mit Alkohol, mit Aether, mit Benzol u. s. w. behandelt, um zu sehen, wie sich die Farben der Zapfenkugeln beim Anschwellen unter Verdünnung der Lösung wandelten, und es ist uns unzweifelhaft geworden, dass die grössten und blassesten Tropfen immer noch die 3 Farben unterscheiden liessen, besonders da, wo die Tropfen dicht zusammenrückten, oder im Momente, wo sie ineinander flossen; wir möchten sogar behaupten, dass die Differenz zwischen blassgelben aus ursprünglich orangefarbenen durch Verdünnung entstandenen und einigen noch wenig vergrösserten, intensiv grüngelben Tropfen dabei deutlicher wurde, als sie anfänglich war. Dagegen meinen wir, dass die rubinrothen Kugeln von vornherein nicht ganz dem Aussehen des Rhodophans entsprechen, mehr ins reine Roth schlagen, als es das reine Pigment thut, was übrigens leicht verständlich ist, wenn sie ausserdem etwas Xanthophan enthalten[1]. In der Taubenretina sieht

[1]) Beim Falken fand *Schwalbe* (Handbuch der Ophthalmologie v. Graefe und Saemisch Bd. 1. S. 414) in scheinbar orange gefärbten Kugeln 2 Farbstoffe sichtbar vertheilt, einen hellgrünen, den rothen umschliessend.

man aber das in sehr kleinen, vermuthlich auch aus Fett bestehenden Körnchen enthaltene Rhodophan bis zur feinsten Vertheilung zerstreut in den Innengliedern vieler Zapfen liegen und dort von derselben unzweifelhaft rosenrothen oder purpurnen Nuance, welche das von uns dargestellte Rhodophan besitzt. Wie also dieser Körper in situ und im Zustande feinster Vertheilung oder optischer Verdünnung aussieht, weiss man: er fällt durchaus nicht ins Orange oder gar in grünliches Gelb. Wo sich die grösseren rubinrothen Kugeln durch das geeignete Lösungsmittel in umfangreichere Tropfen von verdünnterem Inhalte verwandeln, sieht man sie ausserdem nicht einmal den orangefarbenen gleich, geschweige den grünlichen ähnlich werden. Demnach entsprechen die von uns dargestellten Farbstoffe den in der frischen Retina auffälligen und erkennbaren Farben der Fettkugeln in den Zapfen sehr bestimmt. Von der Existenz blauer Kugeln, welche Manche annehmen, konnten wir uns beim Huhne und bei der Taube unter Ausschluss von Täuschungen durch Contrast so wenig überzeugen, wie es uns hat gelingen wollen durch die verschiedensten Trennungsmethoden, unter welchen z. B. auch farblose Fette als Lösungsmittel der isolirten Pigmente und Seifen geprüft wurden, eine bläuliche Substanz zu gewinnen.

Weitere Mittel zum Nachweise der Uebereinstimmung zwischen den extrahirten und noch in der Retina befindlichen Pigmenten boten sich in den von *Schwalbe* (l. c.) entdeckten grünblauen bis blauen Reactionen der Zapfenkugeln gegen Jod. So lange die Pigmente an Fett gebunden zur Untersuchung kamen, haben wir vergeblich versucht sie ausserhalb der Retina mittelst Jod zu färben und daraus Veranlassung genommen nachzusehen, ob in den Zapfenkugeln neben dem farbigen Fette eine zweite Substanz enthalten sei, welcher die *Schwalbe*'sche Reaction hätte zukommen können. Da farblose Zapfenkugeln durch Jod nicht gebläut werden und die Intensität der Reaction, abgesehen von

den dabei auftretenden Mischfarben, doch augenscheinlich von dem Reichthum des Tropfens an Pigment abhing, war die Annahme wenig wahrscheinlich, und es gelang auch in der That nicht an Netzhäuten, die durch irgend welche Extraktion erst entfärbt worden, noch etwas von der Färbung durch Jod hervorzubringen. An der frischen Retina gewinnt man nicht so ganz leicht und ohne längere Behandlung mit überschüssiger Jodlösung überhaupt nicht die Ueberzeugung, dass alle Farbkugeln und namentlich die helleren auf Jod reagiren; man darf sich also nicht wundern, wenn die Vereinigung des ganzen retinalen Fettes, das im Aetherextrakt die Pigmente einhüllt, dem Zutreten des Reagens hinderlich wird.

Wir haben die Sache mit Jodlösungen der verschiedensten Art versucht, mit alkoholischen und wässrigen in Jodkalium, oder in Mischungen beider, aber immer vergeblich. Dennoch zweifeln wir nicht, dass die Reaction nach gehörigem Emulgiren wohl auch so zu erreichen wäre, denn sie gelang uns mit den isolirten Pigmenten recht gut. Das Chlorophan und Xanthophan geben die grünlichblaue Färbung am besten, während sie am Rhodophan zwar dunkler, aber schmutziger und mehr grünlich ausfiel. Bei allen 3 Substanzen war es zweckmässig, die wegen der Verunreinigung durch etwas Seife alkalischen Massen zuvor mit einer Spur Essigsäure zu behandeln. Man sieht hiernach, dass die Jodreaction weiteren Anhalt für die Uebereinstimmung der extrahirten Pigmente mit den praeformirten liefert, und es verdient besonders hervorgehoben zu werden, dass man das Bild der eigenthümlich schmutzigen Färbung des Rhodophans auch in der Retina findet, wenn man die sonderbare Nuance beachtet, welche das diffuse rothe Pigment der Zapfeninnenglieder in der ausgezeichneten rötheren Stelle der Taubennetzhaut unter dem Einflusse des Jods annimmt.

Salpetersäure und concentrirte Schwefelsäure färben nach

Capranica's Angabe (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. Hft. 3 S. 285) die Farbkugeln und das daraus extrahirte farbige Fett dunkel, grünblau bis blau. Wir haben die Reaction mit Salpetersäure, die etwas salpetrige Säure enthielt, auch an den getrennten Pigmenten erhalten, am schwächsten am Rhodophan, das nur vorübergehend blass blaugrün wurde und sich schnell ganz entfärbte; intensiver und weniger flüchtig am Xanthophan und Chlorophan. Mit Schwefelsäure gab es ähnliche Unterschiede, insofern nur die letzteren Pigmente reiner blau, das erstere vorübergehend schwarzblau, dann dunkelbraun wurde. In der Retina ist die Schwefelsäurereaction überhaupt weniger gut zu sehen, weil die Eiweissstoffe davon zu dunkel, das Fett im Allgemeinen roth wird, so dass Mischfarben auftreten.

Nach den angegebenen Vergleichungen dürfte die Praeexistenz der von uns gefundenen 3 Substanzen in der Retina nicht mehr bezweifelt und damit zugegeben werden, dass die farbigen Zapfenkugeln Pigmente enthalten, welche sehr schwer zersetzlich sind, in kaum beachtenswerthem Grade veränderlich durch Licht, unveränderlich in den Lösungsmitteln der Fette nicht nur, sondern auch gegen Siedhitze und während der Verseifung durch concentrirtes Alkali.

Wenn die Vogelretina mehrere und, wie gezeigt wurde, sehr verschiedene Farbstoffe enthält, so hat die spektroskopische Untersuchung einer daraus bereiteten, neben dem Fette sämmtliche Pigmente enthaltenden Lösung geringe Aussichten, Aufschluss über die Beschaffenheit des Lichtes zu geben, das durch die Farbkugeln zu den Zapfenaussengliedern dringt. Wir legen desshalb besonderen Werth auf die in dem Folgenden zu erörternden spektroskopischen Befunde an den einzelnen Farbstoffen und stellen auf Taf. 3 Fig. 14, Taf. 4 Fig. 15 vornehmlich des Gegensatzes wegen die Spektra der in Aether und in Schwefelkohlenstoff mit dem Fette vereinigten gemischten Pigmente dar. Diese und alle

übrigen Spektralbilder wurden nach Beobachtungen entworfen, die wir bei gutem Tages- oder Sonnenlichte mit Hülfe des Heliostaten unter geeigneten Abblendungen sowohl des zu intensiven Sonnenlichtes, wie der nicht in Betracht kommenden Theile des Spektrums anstellten. Wir haben von den gebräuchlichen malerischen Copieen der Absorptionsbänder abgesehen, weil dieselben im Drucke selten treu den Zeichnungen entsprechend herauskommen, und dafür die anschaulichere und genauere, in der Chemie mehr übliche Darstellung in Curven vorgezogen. Die Orte der maximalen Absorption, das Zu- oder Abnehmen dieser haben wir versucht möglichst treu wieder zu geben, ebenso das Dunkelheitsverhältniss der einzelnen Bänder zu einander und das Ansteigen diffuser Absorptionen an den Enden der Spektra. Alle Lösungen wurden in das *Hermann'sche* Hämoskop, das einen Wechsel der Schicht von 0 bis 35 mm. zuliess, gefüllt vor den Spalt gebracht und in der Weise untersucht, dass man bei langsamer Verdickung der Schicht beurtheilen konnte, welche Schatten zuerst und welche Antheile der einzelnen Bänder nacheinander auftauchten; darnach sind die Höhen und Gestalten der Curven bemessen. Wo wir, wie beim Chlorophan namentlich im Roth oder Orange, geringe Absorption glaubten vermuthen zu dürfen, wurden ausserdem Röhren mit ebenen Verschlussenden von 10—20 Ctm. Länge verwendet. Da das Hämoskop Flüssigkeiten aufzunehmen hatte, welche Harzkitte auflösen, auf die es ursprünglich nicht eingerichtet ist, haben wir ein mit Kreidekitt gefertigtes Instrument benutzt und die ineinander gleitenden Cylinder, wenn nöthig, mit Glycerin statt mit Fett geschmiert.

Das Spektrum Fig. 14 der gemischten Pigmente zeigt den breiten Streif β beträchtlich schwächer, als den ersten vor F beginnenden und entsprechend dem vorherrschenden Gelb starke weitere Absorption im Anfang des Violet, während Fig. 15 die Streifen stark zum rothen Ende verschoben und totale Aufhellung

im Violet darbietet. Es ist dies etwas den gemischten Lösungen in CS_2 Eigenthümliches und in Uebereinstimmung mit der dem Auge direkt wahrnehmbaren Aenderung der Nuance. Der Streif β Fig. 15 ist bei gutem Lichte und hinreichend dünnen Schichten natürlich doppelt zu sehen, obwohl die beiden Schatten dann sehr schwach sind.

Fig. 16 zeigte das Verhalten des Chlorophans, das sowohl für Lösungen in gewöhnlichem Aether, wie für die in Petroläther gilt. Dieselben liessen viel mehr Violet durch, als die Mischung der 3 Pigmente, dagegen weniger Blau und weit mehr Grün. Die concentrirteste Lösung, die wir hatten, und welche bei 20 mm. das gezeichnete Spektrum gab, liess bei 20 Ctm. Dicke weder im Roth von A an, noch sonst irgendwo vor b Absorption erkennen.

In CS_2 gelöst, wurde das Chlorophan orangegelb, indem das Grün unkenntlich wurde, und das Spectrum (Fig. 20) zeigte jetzt mehr Indig und Blau, das Grün, bis F hin, von dem ersten Bande bedeckt. Nach dem Verdunsten des CS_2, von neuem in Aether aufgenommen, gab es wieder das Spectrum Fig. 16.

Das von Chlorophan gereinigte Xanthophan gab nur einen Streifen (Fig. 17) vor F beginnend und starke Beschattung des Violet, welche schon im Indig anfing; in CS_2 gelöst (Fig. 21) viel stärkere schon im Cyanblau beginnende Absorption des Indig und Violet, und ein gleich hinter E beginnendes Band; das Aussehen der Lösung näherte sich stark dem des spectralen Roth von B bis C. Auch das Xanthophan wurde durch einmaliges Auflösen in CS_2 nicht geändert, denn wenn man es nach dem Abdunsten des CS_2 in Aether löste, wurde das vorige Spectrum (Fig. 17) zurückerhalten.

Die Lösungen des Rhodophans zeigten ebenfalls nur ein Absorptionsband, aber von bedeutender Breite, das bei der Benzollösung (Fig. 18) E und F überragte, bei der in Terpenthinöl

zwischen b und F begann und zum grössten Theile in den Raum zwischen F und G fiel (Fig. 19). Wie die beiden Spectren noch Unterschiede in der Absorption von Violet zeigen, so waren sie auch für das Auge nicht absolut gleich, die Benzollösung etwas heller, mehr rosa.

Da man die Spectren Fig. 14 u. 15 der gemischten Pigmente nicht durch Uebereinanderlegen der Einzelspectren erhalten kann, so versuchten wir aus den gereinigten Pigmenten wieder eine gemischte Lösung von dem gleichen Verhalten der ursprünglichen herzustellen. Nach Zerlegung der Seifen durch Ansäuern war dies für sämmtliche Stoffe, besonders auch für das Rhodophan mit Aether und Schwefelkohlenstoff ausführbar, aber wir haben diese Versuche bald aufgegeben, als wir sahen, dass das Probiren mehr Material kostete, als der Zweck verdiente.

Von derselben Seite, welche die verschiedenen Pigmente der Vogelretina auf ein Einziges zurückzuführen versuchte, ist die weitere gewagte Behauptung aufgestellt, jene eine (nicht existirende) Substanz sei identisch mit dem gelben Pigmente der Fettkugeln im Retinaepithelium des Frosches. Wir haben diesen Körper in hinreichender Menge aus den Abfällen der Froschaugen, welche zur Bereitung von Sehpurpur gedient hatten, herzustellen vermocht, indem wir darauf hielten, sämmtliche Chorioïdeae mit dem Retinaepithel, oder auch die am hinteren Pole sorgfältig gesäuberten Augengründe, wenn sie keine andere Verwendung fanden, immer sofort in Alkohol werfen zu lassen. So wurde auf dieselbe Weise, wie es bei den Vogelaugen geschehen, aus einigen Tausend Froschaugen das gelbe Fett und aus diesem die pigmenthaltige Seife gewonnen. Es gelang hier immer leicht, die dünne Seifenlösung vollständig durch Ausschütteln mit Aether vom Farbstoff zu befreien und diesen selbst jedenfalls reiner von Seifen, mehr in Gestalt harter, sich schon vor dem

vollkommenen Verdunsten ausscheidender Rinden zu gewinnen. Ihn krystallinisch zu gewinnen, gelang mit keiner Auflösung.

Die *Schwalbe*'sche Jodreaction, welche *Boll* an den Fettkugeln des retinalen Epithels beim Frosche auch erhielt, sahen wir an diesem Pigmente vortrefflich eintreten, ebenso die Färbungen mit NHO_3 und SH_2O_4. Um ganz sicher zu erfahren, wie sich das retinale Froschfett im Vergleiche zu dem des Huhnes verhalte, haben wir nicht versäumt, einen Theil der aus ersterem erhaltenen Seife in derselben Weise, wie bei jenem, erst im trocknen Zustande herzustellen und darauf mit Petroläther zu extrahiren. Es liess sich damit alles Pigment entziehen, so dass die Seife völlig farblos wurde und was sich löste hatte nur eine, die rein gelbe, in Aether mit derselben Leichtigkeit übergehende Farbe; weder etwas von grünlicher, noch von mehr orange oder rother Nuance kam dabei zum Vorschein.

In Fig. 1 ist das Spectrum der ätherischen Epithellösung, in Fig. 3 das des gereinigten Pigmentes, das wir Lipochrin nennen wollen, dargestellt. Die beiden Spectren besitzen ersichtlich grosse Aehnlichkeit, wie es zu erwarten ist, wenn das Fett nur ein Pigment enthält, und wir wollen nicht versäumen, auf den schlagenden Unterschied aufmerksam zu machen, der allein schon in diesem Umstande gegenüber dem Aussehen der Pigmentspectren und des Fettspectrums von der Vogelretina, wo von solcher Aehnlichkeit, aus nicht mehr zu erwähnenden Gründen, überhaupt nicht die Rede sein kann, liegt. Gewisse Differenzen sind gleichwohl auch hier vorhanden, wahrscheinlich deshalb, weil das Fett, als ein an der Auflösung sich betheiligender Körper von Bedeutung für die Nuance ist. Bei allen Spectren des Lipochrins ist geringere Absorption an Stelle des ersten dem Roth zu liegenden Bandes im Vergleiche zu der des zweiten bemerkenswerth, wie es sonst nur beim Chlorophan und dort nur an der ätherischen Lösung (Fig. 16) vorkommt. In CS_2 ge-

löst gibt das Lipochrin das Spectrum (Fig. 6), das ausser der starken Verschiebung der Bänder bis E in Concentrationen, wo diese scharf sind, totale Aufhellung im Violet zeigt. Ist neben dem Pigmente Fett im CS_2 gelöst, so erhält man das Spectrum von Fig. 4, das wieder anders ist, indem es weniger Violet und das Band α kurz vor E beginnend zeigt.

Die in Heft 3, Seite 289 angeführte Erfahrung, dass das Kaninchen, dessen Fettgewebe sehr blass ist, auch im Retinaepithel nahezu farblose Fettkugeln führt, gab Veranlassung, den lappigen Fettkörper in der Bauchhöhle des Frosches auf dessen auffälliges Pigment zu prüfen. Da die Untersuchung mit denselben Methoden, wie bisher geschah und die Resultate vollkommen mit dem vom Retinaepithel berichteten zusammenfielen, beschränken wir uns auf die Darstellung der Belege in den Spectren von Fig. 2 u. 5, Fig. 3 u. 4. Auch dieser Farbstoff gab die erwähnte Jodreaction, von welcher freilich an den Fettzellen des Gewebes keine Spur hervorzubringen war, ebenso die blauen bis grünen Färbungen mit NH_3O und SH_2O_4. Bei den Spectren bitten wir die überall deutliche und gleichförmige Höhendifferenz der Curven α u. β zu beachten, welche besonders geeignet ist, die Identität des Farbstoffes in den genetisch, wie functionell so überaus verschiedenen Ablagerungsplätzen epithelialer und dem Bindegewebe angehöriger Zellen des Frosches hervortreten zu lassen.

Wie die Lappen des Fettkörpers feucht gehalten in einigen Tagen, an der Sonne allenfalls schon in einem Tage bedeutend abblassen, so thun es auch die Lösungen dieses Fettes in Alkohol oder in Aether und die des aus der Seife extrahirten Lipochrins. In Galle gelöst blich das Pigment nicht schneller aus, in sehr verdünnter Lösung, auf weissem Grunde, bei niedriger Schicht besten Falls in 2—3 Stunden bis zur vollkommenen Entfärbung; doch wurde dies nur im Juli, in der Zeit von 12—3

Uhr unter maximal wirkendem direkten Sonnenlichte bei einer durch Berieselung auf 12° C. erhaltenen Temperatur erreicht.

Nach diesen Erfahrungen dürften weitere Untersuchungen über den gelben Farbstoff des Fettes verschiedener Thiere grosses Interesse bieten und es wäre namentlich wichtig, zu wissen, ob es Säugethiere gibt, bei denen Fetttropfen von identischer Farbe im Retinaepithel auftreten. Beim Menschen, dessen Fett bekanntlich gelb ist, vermissten wir deutliche Fetttropfen im Retinaepithel gänzlich, ebenso beim Schweine oder dem Rinde, wo wir blasses Retinafett zu finden hofften. Die Haut der Frösche gibt an Alkohol und Aether gelbgrünliche Fette ab, aus denen wir durch Verseifung eine Substanz erhielten, die sich vom Lipochrin nicht unterschied.

Dass es sinnlos sei das gelbe Pigment des Froschfettes für identisch mit der Mischung von drei Farbstoffen der Vogelretina zu halten, bedarf keiner weiteren Erwähnung, es blieb aber zu untersuchen, ob das Lipochrin nicht mit einem derselben, dem Chlorophan oder dem Xanthophan übereinstimme, womit es dem Augenscheine nach unter Umständen einige Aehnlichkeit hat. Seine Lösungen sind aber weder so grünlich, wie die des Chlorophans, noch so orangegelb, wie die des Xanthophans, wenn man von einigermaassen gleich concentrirten Flüssigkeiten ausgeht; in fester Gestalt oder mit Fett zerrieben hat es die meiste Aehnlichkeit mit dem Chlorophan, dessen grünliche Nuance in diesem Zustande etwas zurücktritt. Man braucht indess nur die Spektra Fig. 3 u. 6 des Lipochrins mit denen des Chlorophans Fig. 16 u. 20 zu vergleichen, um so colossale Unterschiede zu entdecken, dass jeder Gedanke an Identität der Körper schwinden muss. Während das Band α des Chlorophans ziemlich weit hinter F beginnt, überschreitet α des Lipochrins F beträchtlich; der Streif β des ersteren reicht über G hinaus, während β des anderen weit vor G aufhört. (Vergl. Fig. 3 u. 16).

An den Schwefelkohlenstofflösungen fällt ein ähnliches Verhältniss der beiden im Ganzen nach dem Roth hin verschobenen Bänder auf die Linien E, b und F bezogen, auf (vergl. Fig. 6 u. Fig. 20). Das Xanthophan zum Vergleiche mit dem Lipochrin heranzuziehen, verbietet der Umstand, dass dessen Spektra alle einstreifig sind und das Lipochrin für eine Mischung aus Xanthophan und Chlorophan zu halten, wäre, anderer Gründe zu geschweigen, unerlaubt, weil die Trennungsmethoden, welche für diese bei der Vogelretina vollkommen anschlagen, auf das Fettgewebe und das Retinaepithel des Frosches angewendet, wie schon bemerkt, niemals zwei Pigmente liefern.

Somit sind also in der Retina bis jetzt im Ganzen nicht weniger, als 4 verschiedene lichtbeständigere Farbstoffe neben dem hier nicht zu erörternden schwarzen Pigmente nachgewiesen.

Schon von *Thudichum* (Centralblatt f. d. Med. Wissenschft. 1869 S. 1) u. A. ist auf die Aehnlichkeit des Farbstoffes der gelben thierischen Fette mit denen des Hühnereidotters und der Corpora lutea, ja mit dem vieler gelber Pflanzentheile hingewiesen. Wir haben desshalb noch den Eidotter und die Corpora lutea nach den bei der Netzhaut befolgten Methoden einer kurzen Untersuchung unterzogen. Fig. 7 zeigt das Spektrum eines durch Zerrühren frischer Eidotter mit wenig Alkohol und viel Aether erhaltenen Extraktes. Dasselbe ist dem des Froschfettes (Fig. 1 u. 2) bezüglich der Bänder α und β ähnlich, aber man bemerkt darin bei G noch einen dritten schwachen Streifen und viel geringere Beschattung des Violet. Dieser dritte Streif, von *Preyer* beschrieben und abgebildet (*W. Preyer*, die Blutkrystalle. Jena 1871. Taf. II Fig. 13), in neuerer Zeit von Anderen geleugnet, ist nur bei gutem Lichte und sehr engem Spalte nach passendem Wechsel der Schicht mittelst des Hämoskops zur Anschauung zu bringen. Zuweilen gelingt es aber auch durch das sorgfältigste Probiren nicht sich von seiner Anwesen-

heit zu überzeugen, was wir auf die bekannten individuellen oder von der Hühnerrace abhängigen Unterschiede in der Färbung der Dotter zurückführen möchten. Constanter sahen wir einen dritten Streifen bei G, aber nach dem Roth hin verschoben, in den Schwefelkohlenstofflösungen (Fig. 10) auftreten, die wir mit dem Verdampfungsrückstande der ätherischen Dotterfettlösung erhielten. Aus trockener Dotterseife nahmen sowohl Petroläther, wie Aether das gesammte Pigment auf, dessen spektroskopisches Verhalten Fig. 8, 9 u. 11 wiedergeben. Die Aehnlichkeit dieser Spektra der gereinigten Substanz mit denen des Lipochrius ist allerdings ziemlich auffallend, aber wir müssen doch auf 2 wesentliche an den ätherischen Lösungen hervortretende Unterschiede aufmerksam machen: die Bänder α des Eipigmentes beginnen 1. immer hart an F, während deren Anfang beim Lipochrin ausnahmslos und mit grosser Deutlichkeit vor F in den Raum zwischen b und F fällt, und 2. ist die Absorption beim Eipigmente am Bande α niemals schwächer als an dem Streifen β, wie es für das Lipochrin constant gilt. Diese Differenzen scheinen uns so schwer wiegend und an sich schon einer Identitätsannahme hinderlich, dass es kaum weiter in's Gewicht fällt, wenn die Spektra der CS_2-Lösungen hinsichtlich der diffusen Absorption des violetten Endes noch so bedeutende Unterschiede, wie die in Fig. 6 u. 11 verzeichneten, aufweisen.

Mehrere nach der Farbe zu unterscheidende oder im Spektralverhalten abweichende Lösungen aus der Dotterseife durch fractionirte Extraktion zu erhalten, gelang so wenig, wie die Darstellung krystallinischen Pigments. An der amorphen Masse fiel uns die etwas grössere Löslichkeit in verdünnter Natronlauge, erkennbar an der hellgelben Färbung des Filtrates, auf, sehr im Gegensatze zu der kaum zu behauptenden Färbung, welche die zuvor genannten Pigmente Alkalien ertheilten. Doch kann diese Differenz auf schwerer zu entfernenden Beimengungen beruhen. Wie

schon bemerkt führte das Verarbeiten der Eierseife in Barytverbindungen zu keinem andern Ziele, als die allgemein von uns befolgte Methode, ja die staubtrockenen Barytseifen hatten sogar den Nachtheil in Aether anzuquellen und damit eine äusserst schwierig zu filtrirende Masse zu geben. Die Lichtempfindlichkeit des Dotterpigmentes, das man Ontochrin nennen könnte, fanden wir in der ätherischen und alkoholischen Lösung, oder nach dem Aufnehmen in Galle, etwa so, wie die des Lipochrins, also ebenfalls grösser, als die der Pigmente in der Vogelretina.

In Fig. 12 u. 13 haben wir noch Abbildungen der Spektra von Lösungen des Luteïns aus dem verseiften Rückstande von Aetherextrakten der Corpora lutea der Kuh gegeben. Wie man sieht, ist die Uebereinstimmung bei der ätherischen Lösung mit der gleichen des gereinigten Eigelbs so gut, wie vollkommen, bei der CS_2-Lösung aber nicht vorhanden, insofern Fig. 13 allein totale Aufhellung im Violet zeigt. Dies auf Unterschiede der Concentration zu beziehen, ist unzulässig, weil die gezeichneten Differenzen grade dann am deutlichsten waren, wenn jede der Lösungen die beiden im Grün und Blau gelegenen Bänder mit gleicher Schärfe zum Vorschein kommen liess. In Petroläther gelöst, giebt das Luteïn ein Spectrum, das von dem der ätherischen Lösung nur in der Lage des Bandes α ein wenig abweicht. Auf Fig. 12 ist es durch die punktirte Curve angemerkt.

Das Verhalten des Eigelbs und des Luteïns zu starker NH_3O und SH_2O_4 ist seit lange bekannt; wie *Capranica* gelang es auch uns am Luteïn die *Schwalbe*'sche Jodreaction deutlich hervorzubringen, während das Ontochrin mit dem Reagens mehr schmutzig grün wurde.

Da von den sämmtlichen hier erörterten Pigmenten bisher keines im Zustande vollkommener chemischer Reinheit dargestellt

ist, wird man sich eingehender Betrachtungen über ihre chemische Verwandtschaft einstweilen enthalten müssen. Wir haben es am Luteïn erlebt, dass einzelne Reactionen und Löslichkeitsverhältnisse zur Verwechselung desselben mit dem Bilirubin und zu so schwerer Verwirrung in der Lehre von den Gallenfarbstoffen führten, dass viel Arbeit nöthig wurde, um sie wieder davon zu befreien. Und doch wäre jener Irrthum nicht begangen, obwohl die chemische Kenntniss der verwechselten Stoffe sich erst entwickelt, wenn Differenzen von der Ordnung der hier zwischen Farbstoffen geschilderten sogleich beachtet wären. Ohne Frage sind die optischen Methoden von ausserordentlicher Feinheit und bei Substanzen, die nur in minimalen Mengen erreichbar bleiben, noch für lange Zeit die wesentlichen und unersetzbaren. Man wird sich darum um so mehr hüten müssen ihre Resultate zu unterschätzen und Unterschiede, die sie ergeben, zu unterdrücken, wo andere Methoden scheinbar Uebereinstimmung anzeigen. Auf die vorliegenden Fälle bezogen, würde Ignoriren der spektralanalytischen Befunde zunächst zu Verwechselungen führen, die etwa gleichbedeutend wären mit der Verwechselung von Hämoglobin und sog. Pikrocarmin, und es würde die Berufung auf einzelne chemische Reactionen, gegen manche weniger in die Augen fallende Spektraldifferenzen nur dazu beitragen, leicht zu unterscheidende Pigmente für ein und dasselbe halten zu lassen, wie es unglücklicher Weise bereits geschehen ist.

Indem wir die nun erwiesene Möglichkeit in der Vogelretina allein schon 3 gründlich verschiedene Pigmente zu scheiden und die starken Differenzen im spektroskopischen Verhalten der vorstehend erörterten Substanzen scharf hervorheben, glauben wir die fernere Untersuchung am besten auf den Weg zu leiten, der im physiologischen Interesse vor Allem einzuschlagen ist, wenn wir zu einer für die Lehre vom Sehen dringend nöthigen Kennt-

niss über die Absorption des Lichtes in der Retina gelangen wollen.

Heidelberg, 2. Januar 1878.

Taf. III., IV., V. stellen die im Text erörterten Spektra dar, deren Bedeutung durch die Ueberschriften auf den Taf. erklärt wird. Die Zeichnungen beginnen überall erst mit der *Fraunhofer'schen* Linie a, da in dem Roth von A bis a keine Absorptionen anzugeben sind.

Untersuchungen über den Sehpurpur.

(Schluss von Heft 3. S. 290.)

Von **A. Ewald** und **W. Kühne.**

III. Veränderungen des Sehpurpurs und der Retina im Leben.

Innerhalb der normalen Lebensbedingungen ist bis jetzt nur eine Ursache der Veränderung und Entfärbung des Sehpurpurs bekannt: sie ist das ins Auge fallende Licht; und nur eine der Wiederkehr des Purpurs, in der Entziehung des Lichtes, das ihn zersetzte. Die Retinafarbe wird wieder hergestellt in der Dunkelheit, durch schwaches oder durch rothes Licht. Nur derjenige Purpur wird zersetzt, den das Licht erreicht: die Wirkung ist eine örtliche, direkte. Thiere mit verbundenen Augen, der Sonne beliebig lange ausgesetzt, behalten die Retinafarbe und wenn nur ein Auge belichtet ist, wird der Purpur des anderen niemals in Mitleidenschaft gezogen. Dies ergaben Versuche an Kaninchen und an Fröschen im normalen Zustande und in der Lähmung durch Curare. An Kaninchen wurde es constatirt, indem man sie fesselte, ein Auge der Sonne zuwandte und das andere gegen ein dunkles Polster drückte, an Fröschen in ähnlicher Weise nach Vergiftung mit Curare oder durch Anlegen und Annähen starker Kautschukstreifen über ein Auge.

Ausnahmen von diesem Verhalten sind nur denkbar, wo Licht durch ein Auge in das andere gelangt. Dass dies bei manchen Vögeln der Fall ist, lehrt die hübsche Beobachtung von *Czerny* (Wien. Acad. Ber. LVI) über die Sichtbarkeit des

Augengrundes der Taube, wenn man durch die Cornea hineinsieht, während das Auge der anderen Seite ausschliesslich Licht empfängt. Es scheint so viel Licht durch die dünnen Gewebsmassen, welche die beiden hinteren Augenpole im Schädel trennen, dass das zweite Auge sogar recht intensiv beleuchtet wird. An der lebenden Taube fanden wir die Erhellung indess sehr unbedeutend und nur mit höchst intensivem Lichte unter vollkommenem Schutze des beobachteten und des eigenen Auges bemerkbar, offenbar weil das Blut im Schädel viel Licht absorbirte; doch war an einer albinotischen Taube noch so viel zu sehen, dass man glauben musste, sie sähe es selbst und werde deshalb noch Licht empfinden, wenn z. B. das gegenüberstehende Auge ohne Trübung erblinden und ausschliesslich Licht empfangen sollte. Kleinere Vögel mit noch zarterer, die Augen trennender Zwischenschicht könnten es deshalb wohl erleben, dass sehr intensives Licht ihnen durch den Kopf ginge und den Purpur der dunklen Seite, falls sie solchen besitzen, etwas angriffe; es müsste aber dazu die Voraussetzung gemacht werden, dass die Blutschicht, welche durchschienen wird, dünn genug ist, um neben Roth noch Grün durchzulassen.

Beim Frosche kennen wir einen Zustand, der im Dunkeln den Sehpurpur zwar nicht schwinden macht, die Retinafarbe aber sehr bedeutend, bis zum blassen Rosa schwächen kann. Es geschieht dies bei nicht zu kalt gehaltenen, mehrere Tage dem Curareödem unterworfenen Thieren. Die Erscheinung tritt während des Lebens ein und wurde nicht nur bei wohl erhaltenem Herzschlage beobachtet, sondern auch an Exemplaren, von denen wir nicht zweifeln, dass sie die Lähmung so gut überstanden haben würden, wie ihre mit der gleichen Dosis vergifteten und unter gleichen Bedingungen gehaltenen Genossen, die sich erholten. Da Curarevergiftung an und für sich die Purpurmenge gar nicht beeinflusst und das Oedem das Wesentliche ist, wird man an-

nehmen können, dass die lebhaftere Lymphströmung, also Resorption die Ursache der Erscheinung ist und dass der Purpur aus den Stäbchen zum grössten Theile ausgelaugt wird. Wir können nicht umhin, dabei wieder des S. 174 erwähnten Befundes gänzlichen Fehlens des Sehpurpurs in einem normalen menschlichen Dunkelauge von *Michel* zu gedenken, wo ähnliche Verhältnisse geänderter Resorption vorgelegen haben müssen.

Im 4. Hefte des Archivs f. Anat. u. Physiol. 1877 S. 437 bemerkt *O. Langendorff* gelegentlich, dass der Sehpurpur Fröschen, welche seit langer Zeit enthirnt und deren Sehnerven durchschnitten worden, noch normal gefärbte Retinae gezeigt hätten. Wir können dies bestätigen und hinzufügen, dass wir 3—4 Tage nach der Enthirnung die Fähigkeit der Retina erhalten fanden, nach gründlicher Besonnung in normaler Zeit wieder Purpur im Dunkeln zu bilden. Der epithelhaltige Augengrund solcher Frösche regenerirte auch für sich in der gewöhnlichen Weise eine zuvor isolirt gebleichte Netzhaut, wenn sie darauf gelegt wurde. Diese Versuche bedürfen der Ausdehnung auf seit längerer Zeit operirte Thiere und auf die Säuger.

Bestimmungen über die Geschwindigkeit der Purpurbleiche intra vitam sind bis heute in umfassenderer Weise nur am Frosche vorgenommen, wo sie bekanntlich das für die Auffassung der Netzhautfarbe, als einer zum Sehen essentiellen Substanz, sehr hinderliche Resultate ergaben, dass Licht, welches für die Zwecke des Sehens weitaus genügt, die Retinafarbe gar nicht angreift und solches, das diese Intensität mindestens hundertfach überschreitet, beträchtlicher Zeit, ja directes Sonnenlicht wenigstens 10 Minuten bedarf, um den Sehpurpur merklich zu ändern oder total zu entfärben. Es konnte also nur die Beobachtung, dass die herausgenommene Froschnetzhaut ausschliesslich durch Licht gebleicht und von mässigem Lichte mit erstaunlicher Geschwindigkeit verändert wird, die Annahme rechtfertigen, dass die In-

dolenz des Froschpurpurs intra vitam scheinbar sei und auf Schwinden mit Ersatz beruhe. Leider ist einstweilen über diese Rechtfertigung nicht hinauszukommen und an den Poikilothermen durch keine exakte Beweisführung die Möglichkeit zu widerlegen, dass im lebenden Auge oder in der epithelhaltigen Retina bis zum Eintritte maximaler Blendung wirkliche Indolenz des Sehpurpurs vorliege, welche die Regeneration natürlich unnöthig machen oder ausschliessen würde.

Im Gegensatze zu den zeitlichen Verhältnissen beim Frosche wird die Netzhautfarbe der Säuger und vermuthlich fast aller Homöothermen intra vitam mindestens 60mal schneller von dem gleichen Lichte gebleicht.

Um diese Zeit zu bestimmen, haben wir zuvor im Dunkeln gehaltene Kaninchen ins Freie unter Glasglocken gesetzt und deren Netzhäute nach Belichtungen verschiedener Dauer in bekannter Weise untersucht, meist unter Anwendung der Alaunhärtung, die für die Erhaltung der Farbe ein vollkommen zuverlässiges Mittel ist und in allen Fällen das Hervorziehen und Umdrehen der Membranen ohne Verletzungen gestattet, was ohne Härtung selten glückt. Das Verfahren gab ausserordentlich wechselnde Resultate, oft so grosse zeitliche Differenzen von Minuten, wie von Stunden und nicht selten örtliche von einem Auge zum andern, dass wir es nach den ersten verlorenen Bemühungen gänzlich fallen liessen. Man brauchte den Kaninchen nur zuzusehen, wie sie die Augen bald länger schlossen, oder eines gegen das Glas oder sonstige erreichbare Gegenstände drückten, um zu wissen, dass auf diese Weise nicht zu experimentiren und nur mit der optographischen Methode zu arbeiten sei. Doch verfehlen wir nicht, die Angabe von *Coccius*[1]) zu bestätigen, dass im Hellen gehaltene Kaninchen oft ganz entfärbte Netzhäute

[1]) *Coccius:* über die Diagnose des Sehpurpurs im Leben. Progr. Leipzig 1877.

haben und dann längerer Dunkelheit bedürfen, um wieder Sehpurpur zu zeigen.

Die vorstehende allgemeine Bemerkung über die grosse Geschwindigkeit der Purpurbleiche bei Säugethieren bezieht sich bereits auf intra vitam hergestellte Optogramme, denn die Ausbildung und Verbesserung der Methoden belehrte uns, dass die früheren Angaben (Hft. I., S. 97) bezüglich der erforderlichen Zeiten (3—5 Min.) viel zu hoch gegriffen waren.

Zur Beurtheilung des befolgten experimentellen Verfahrens schicken wir eine kurze Beschreibung unserer Einrichtungen voran. Der Arbeitsraum befindet sich in einem besonders dafür hergestellten Häuschen, das statt der Fenster nur kleine, ohne Schwierigkeiten lichtdicht zu verschliessende Oeffnungen zum Einsetzen von Heliostaten hat. Im Innern sind die Wände, der Fussboden und die direct unter dem schrägen Dache horizontal gezogene Decke mit mattschwarzer Farbe gestrichen. Durch die Decke ragt ein hohler, vierseitiger Conus bis auf 1,60 Met. Entfernung vom Fussboden nach abwärts, dessen untere Oeffnung mit einer passenden, einfachen Figur versehen, das optographische Object darstellt. Heft 3, S. 232 und 233 sind das letztere und die Vorrichtungen, welche es von oben erleuchten, bereits beschrieben. Unter dem Objecte kann in dessen etwas vorspringenden Rahmen eine schwarze Papp- oder Glastafel eingeschoben und damit die Figur verdeckt und der ganze Arbeitsraum völlig verdunkelt werden. Räumliche, in der Dachconstruction gegebene Verhältnisse hatten uns darauf verzichten lassen, die obere Weite des Lichttrichters grösser, als 4270 □ Ctm. zu nehmen, es stellte sich aber heraus, dass sie vollkommen genügte, da wir gewöhnlich keine grösseren Intensitäten nöthig fanden, als die mit der Vorrichtung von 10 Uhr Morgens bis 3 Uhr Nachmittags an den trübsten Wintertagen zu erzielenden und bei Sonnenschein oder sehr hellem, weissbewölktem Himmel über dem matten Glase noch dämpfen mussten.

An den Wänden der Kammer befinden sich Gaslampen mit *Bunsen*'schen Brennern zur Herstellung von Natronlicht, worin alle vor oder nach der optographischen Exposition nöthigen Operationen bequem auszuführen sind.

Anfänglich wurden nur mit Curare gelähmte und durch künstliche Respiration am Leben erhaltene Kaninchen verwendet; als wir aber sahen, dass die Thiere im *Czermak*'schen Halter jede gewünschte Zeit vollkommen ruhig bleiben, wenn man sie nicht erschreckt und mit einiger Regelmässigkeit streichelt und dass sich das Auge durch 3 in die Conjunctiva gelegte Fäden genügend fixiren lässt, haben wir den Gebrauch des Giftes ganz aufgegeben. Dagegen wurde der Accomodationsapparat in allen Augen durch Einträufeln einiger Tropfen 1procentiger Atropinsulfatlösung ausser Wirksamkeit gesetzt, und wenn keine Fixirfäden gebraucht wurden, ein federnder durch Schrauben gesicherter Lidhalter in die Lidspalte gesetzt.

Unter diesen Umständen fanden wir von unserem Objecte, wenn dessen Entfernung vom Corneascheitel 24—25 Ctm. betrug, nach genügender Exposition jedesmal ein haarscharfes Optogramm, worin sich die am wenigsten verzerrten, durch den hinteren Pol laufenden Streifen, deren Objectgrösse = 5 Ctm. war, 1,5 mm. breit abbildeten. Der fixirte Kaninchenkopf wurde mittelst des Halterbrettes auf einen hohen, vertical verstellbaren Tisch so gesetzt, dass sich das Centrum der Cornea möglichst genau senkrecht unter dem Mittelpunkte des Objectes befand, was nach dem ersten Ausprobiren durch Beachtung einiger auf der Unterlage angebrachter Zeichen immer leicht zu erreichen war. Die einzigen Unregelmässigkeiten der Stellung, welche jetzt vorkommen konnten, lagen in der des Auges zum Kopfe durch die Fixirfäden und in der Drehung, welche der Kopf selbst um seine Längsaxe mittels des Halters erhielt. Es kam aber selten etwas darauf an, ob die Optogrammstreifen überall senkrecht oder

unter irgend welchem Winkel zu dem dunkleren Purpurstreifen, welcher in der Kaninchennetzhaut ungefähr an der Stelle des horizontalen Trennungsmeridians liegt, verliefen, falls nur Theile des Bildes vorhanden waren, welche solchen Strahlen entsprachen, die nahe am Corneascheitel aufgefallen und in die Nähe des hinteren Poles gebrochen waren.

Zur Untersuchung des Optogramms kam ausnahmslos Alaunhärtung in Verwendung und zwar in der schon angegebenen Weise (Hft. I, S. 83) mit Lösungen von 4 pCt. Da die frühere Beschreibung des Verfahrens nicht ausführlich genug gewesen und es zu unserer Kenntniss gekommen ist, dass viele Beobachter darnach vergeblich zu arbeiten versuchten, wird hier nachgetragen, dass das Auge erst nach dem Eröffnen und Halbiren, vom Glaskörper befreit in Alaun zu versenken ist, ferner dass das Herausnehmen der Netzhaut nicht in der Lösung, sondern unter Wasser geschehen muss, um sie zugleich etwas auszuwaschen, wenn die Stäbchenschicht nicht nachträglich während des Trocknens der Präparate absplittern soll.

Glücklicher Weise eignet sich kein Auge so gut, wie das des Kaninchens, um mit der optographischen Methode über die Grade der Veränderung des Sehpurpurs nach Belichtung zu entscheiden. Abgesehen von den Vortheilen, welche der weisse Streif der markhaltigen Nervenfasern und der hohe Eintritt des Sehnerven zur raschen Orientirung auf der Netzhautfläche gewähren, besitzt dieses Auge in dem intensiver gefärbten Purpurstreifen, den wir die Sehleiste nennen wollen, ein ausgezeichnetes Reactionsband, an welchem die Intensität oder die Dauer der Belichtung leicht zu beurtheilen ist, wenn man dessen Veränderungen mit den auf der übrigen Fläche entstandenen vergleicht. Ein Bild, das im Allgemeinen auf der Netzhautfläche nur angedeutet ist, wird durch die Leiste vollkommen unterbrochen, und eine in der ersteren deutliche Zeichnung ist auf der Leiste oft

noch verwaschen u. s. w. Es lassen sich daher verschiedene Stadien der Lichtwirkung durch Beschreibung des Optogramms, wie es auf und neben der Leiste aussieht, geben und indem wir diese voranstellen, hoffen wir die Erörterung des Späteren zu vereinfachen.

I. Nach der kürzesten und schwächsten Belichtung ist nur der centrale Theil des Bildes durch eine Nuance der Farbe angedeutet, ausschliesslich auf der Fläche, gar nicht auf der Leiste sichtbar. (Unter der Fläche ist hier und später der nicht von der Leiste eingenommene Theil der Retina und vorwiegend dessen unterer Abschnitt gemeint.) Man sieht die belichteten Streifen mehr reinroth oder brandroth, weniger purpurn, zwischen den ganz unverändert purpurfarbigen und kann sie zählen, aber da das Bild diffus ist, ihre Breite nicht messen. Die Sehleiste ist continuirlich dunkelpurpurfarbig.

II. Etwas intensivere oder längere Belichtung erzeugt ein ähnlich diffuses Bild; die hellen Theile sind blassrosa, nicht roth; in der Sehleiste sind ihnen correspondirende reinrothe, zählbare Flecken zu sehen.

Nach weiterer Verlängerung der Exposition oder Zunahme der Intensität entstehen die folgenden Optogramme:

III. Auf der Fläche ist das Bild in hellem Gelb und Purpur ausgeführt, die Leiste durch schärfere Einschnitte von blass rosenrother Farbe unterbrochen. Jetzt sind die Streifen neben der Sehleiste gut zu messen.

IV. Das Bild ist wie in III., aber der durch den Pol gehende oder demselben benachbarte Streif ist rein weiss, seine Fortsetzung auf der Leiste hellgelb.

V. Die Streifen sind auf der Fläche scharf weiss und purpurn gezeichnet, in der Sehleiste hellgelb und dort auch messbar.

VI. Die Streifen ziehen ohne Unterbrechung über die Sehleiste

farblos weg; den dunklen Stellen entsprechen auf der letzteren purpurne, auf der Fläche reinrothe Bänder (vollkommenes Optogramm).

VII. Die weissen Streifen sind breiter, als die farbigen, diese an den Rändern mehr reinroth, orange, rosa oder gelblich (Ueberexposition).

VIII. Die farbigen Streifen stehen als ganz schmale, orangefarbene Linien zwischen den breit übergreifenden farblosen; alle Theile der Retina sind blassorange oder gelblich, die äussersten peripherischen mehr rosa. Um von diesem Zustande bis zur vollkommenen diffusen und ganz nach vorn herumreichenden Ausbleichung zu gelangen, bedarf es noch mindestens halbstündiger Exposition.

Zu unserer eigenen Ueberraschung haben wir gefunden, dass das erste Stadium schon nach 10—15 Sec. erkennbar, nach $^1/_2$ Min. mehr als deutlich ist, dass das Stadium II nach 30 Sec. oft, nach 45 Sec. sicher zu sehen ist, dass III nach 1 Min., IV nach $1^1/_2$ Min., V nach 2 Min. vollkommen, VI nach 3 Min., VII in 3—5 Min., VIII nach 6—10 Min. erhalten werden. Die Ueberraschung darüber war um so grösser, als die ganze Versuchsreihe bei dem schlechtesten Lichte, das wir überhaupt im Winter hatten, angestellt wurde, bei einem Lichte, das zur selben Zeit von 11—1 Uhr zum Mikroskopiren in bester Lage gegen den südlichen Himmel recht unbequem war. Wir halten es daher für sehr möglich, erkennbare Augenblicksoptogramme mit dem Kaninchenauge zu gewinnen, wenn das beste Tageslicht oder Sonnenlicht mit geeigneter Dämpfung verwendet wird.

Von *Coccius* ist angegeben, dass die Netzhaut im Freien gehaltener Kaninchen nach längerem Verweilen im Dunkeln noch sehr blass oder farblos sei. Wir fanden dies durchaus bestätigt und waren erstaunt den Verlauf der Dunkelregeneration beim

Kaninchen wenig anders, als beim Frosche zu finden, nachdem uns die optographische Methode mit den colossalen Unterschieden im Gange der Ausbleichung bekannt gemacht hatte. Es gab aber viele Gründe uns diese Erfahrung nicht zu hoch anschlagen zu lassen, schon weil sie aus einer Methode hervorgegangen war, die über das Ausbleichen nichts Scharfes ergeben hatte und darum noch weniger über die Rückkehr des Purpurs zu entscheiden versprach. Unsere zeitmessenden optographischen Versuche schlossen bereits die Verwendung der besseren Methode zur Bestimmung der Regenerationszeiten ein, denn man brauchte nur erst ein Optogramm auf dem einen Auge herzustellen, das Kaninchen umzuwenden und das zweite Auge zur folgenden Aufnahme herzurichten, um das erste Bild nach einem beliebigen, der Regeneration gewährten Intervalle untersuchen zu können. Wurde das Kaninchen unmittelbar nach Beendigung der letzten Aufnahme getödtet und die Augen schnell präparirt in Alaun geworfen, so waren zwei Optogramme zu vergleichen, von denen das zuletzt entstandene nur einige Sekunden postmortaler Regeneration, das erste denselben Process intra vitam von der gewünschten Dauer erfahren hatte. Ausserdem konnte durch Zurückhalten der Augen im abgeschlagenen Kopfe vor der Ueberführung in das Alaunbad die postmortale Regeneration allein oder der vitalen folgend, zugelassen und ihre Wirkung untersucht werden.

In dieser Weise wurden folgende Versuche ausgeführt: Den 30. Nov. wird das linke Auge L von 11 U. 27 Min. bis 11 U. 32 Min. exponirt, das rechte Auge R von 11 U. 34 Min. bis 11 U. 37 Min. Decapitation um 11 U. 39 Min. L liegt in Alaun um 11 U. 44½ Min., R um 11 U. 41½ Min. Es waren also exponirt L und R je 5 Min.; L waren 7 Min. zur Regeneration im Leben, 5½ Min. postmortal, R nur postmortale Regeneration von 2½ Min. gewährt. Das Licht war von mittlerer

Helligkeit. Die Optogramme waren vollständig gleich, ihre Streifen sehr scharf, die hellen auch in der Sehleiste ganz farblos. Die Zeit hatte zur Regeneration nicht gereicht.

Wir nahmen jetzt die Regenerationszeit bedeutend länger, exponirten beide Augen wieder je 5 Min., gaben dem ersten Auge 35 Min. während des Lebens Ruhe in der Dunkelheit, indem wir es, wie immer, so lange gegen schwarze Wolle drückten, als die Exposition des andern Auges dauerte, und warfen es 8 Min. nach dem Tode in Alaun, in welchen das letzt exponirte sofort gelegt war. In der üblichen Weise nach 24 Stunden auf kleinen Porzellanschälchen mit der Rückfläche nach oben ausgebreitet, boten die Retinae jetzt zwei sehr verschiedene Bilder: das letzt erhaltene, etwas überexponirte war weiss und roth ausgeführt, das zuerst erzeugte in blassem Rosa und intensivem Purpur, etwa dem Stadium II entsprechend. Hiernach braucht ein vollkommenes, richtiger ein Optogramm des Stadium VII, oder eine Stelle der Netzhaut, welche in 5 Min. gänzlich ausgeblichen ist, mindestens 35 Min. Ruhe im Dunkeln, um wieder erkennbar purpurn (rosa) gefärbt zu werden.

Da in 5 Min. bereits Ueberexposition erzielt wird, liessen wir weiterhin das Licht nur 3 Min. wirken, und gewährten dem ersten Auge, das jetzt zuerst und sofort nach dem Tode in Alaun kam, 33 Min. Regenerationszeit, dem zweiten 6 Min. vom Tode bis zum Alaunbad. Das Optogramm des letzteren war untadelhaft in reinem Weiss und Purpur ausgeführt und überschritt die Sehleiste ohne Unterbrechung des Weiss. Die Netzhaut des ersten Auges zeigte noch Spuren des Bildes in verschiedenen rosafarbenen Nuancen, wovon man sich am besten auf der Sehleiste überzeugte.

Ein anderer Versuch unter denselben zeitlichen Verhältnissen mit vielleicht etwas geringerer Lichtintensität angestellt, ergab noch vollkommnere Regeneration, so dass unbetheiligte Personen,

denen nur die wieder ausgeruhte Retina vorgelegt wurde, sie für unbelichtet erklärten und die etwas weniger purpurn gefärbten Stellen auf der Sehleiste, die wir, der Distanz der Streifen entsprechend, noch wahrzunehmen glaubten, nicht bemerkten. Das andere Controlauge hatte ein vollkommenes Optogramm des Stadium VI geliefert.

Aus den angeführten Versuchen ist zu schliessen, dass ein vollkommener, sich auch auf die Sehleiste erstreckender Verlust an Sehpurpur in der Kaninchennetzhaut mindestens 33 Min. Dunkelheit zu vollkommenem Wiederersatze erfordert und dass der Anfang der Regeneration nach 7 Min. bemerkbar wird.

Die am Frosche gewonnenen Erfahrungen machten es auch für das Kaninchen wahrscheinlich, dass diese Zeit bedeutend kürzer ausfallen werde, wenn man es nicht bis zu totaler Ausbleichung des Purpurs kommen liess, und wir haben in der That gefunden, dass die Anfänge der Optogramme so schnell wieder verwischt werden, wie es die auf die Photochemie des Purpurs begründete Hypothese des Sehens erfordert.

Bei einem folgenden Experimente, wo die Exposition wieder 3 Min., aber während eines äusserst dichten Winternebels stattgefunden hatte, fanden wir das Optogramm an sich gerade genügend, d. h. scharf und messbar, aber überall und besonders in der Sehleiste noch schwach farbig, etwas chamois. Hier hatten für das zuerst gebildete 18 Min. Dunkelwirkung intra vitam genügt, um es fast auszulöschen, wieder so, dass nur in der Leiste für Kenner noch Spuren zu bemerken waren. Diese letzten Spuren scheinen sich nach unseren zahlreichen Beobachtungen überhaupt erst nach 50—60 Min. zu verwischen, falls das Bild auf der Leiste durch annähernd vollkommene Ausbleichung entstanden war.

Begreiflich zeigten alle nicht überexponirten Optogramme an der Peripherie des Bildes weniger ausgeprägte Differenzen der

belichteten und der dunkel gebliebenen Stellen, als central, der Art, dass z. B. die mittleren Streifen in weiss und roth ausgeführt waren, wo die peripherischen orange, gelb oder chamois zwischen purpurnen standen. Wenn es richtig war, dass die vollkommen gebleichte Retina unverhältnissmässig langsamer regenerirt wird, als die nur angebleichte, welche noch Reste von Sehgelb oder Sehpurpur enthält, so musste jener Unterschied zwischen den mittleren und den Randtheilen des Bildes durch Regeneration zu verstärken sein und ein neues Mittel gewähren, um den Grad der Regeneration zu beurtheilen. Dies trifft in der auffälligsten Weise zu, und wir hätten uns darum überall wo Regeneration ins Spiel kam, richtiger ausgedrückt, wenn wir, statt von Optogrammen schlechthin zu reden, angegeben hätten, dass deren centraler Theil, oft nur der eine mittelste Streif mit den ihm benachbarten beiden dunklen Bändern gemeint gewesen. Indem wir auf die Randtheile achteten, fanden wir, dass dort sehr deutliche, aber in sehr hellem Rosa und Purpur oder in Orange bis Gelb und Chamois neben dem Purpur ausgeführte Zeichnungen in der That schon nach höchstens 10 Min. verwischt werden. Das war selbst in den ersten Stadien der Ueberexposition an den alleräussersten Randtheilen bemerkbar, vollends an den nur 3 Min. bei ungünstigstem Lichte exponirten und bei den unvollkommenen Bildern der beiden Stadien I und II in solchem Grade der Fall, dass wir uns wenigstens für die gerade gut kenntlichen Bilder gar nicht getrauen die Zeit anzugeben, welche zu ihrem Erlöschen genügt. Wir können nur sagen, dass man sich ausserordentlich mit der Decapitation und der Zurichtung des Auges für das Alaunbad eilen muss, wenn man die in 1/4 Min. herstellbaren Bilder überhaupt sehen will. Optogramme, welche in 1 1/2 Min. entstanden sind, brauchen im Allgemeinen 15 Min., in 1 Min. hergestellte 10 Min., um wieder zu verschwinden, und es tritt dabei sehr

häufig das ein, was man erwarten konnte, nämlich dass, wenn von dem Bilde überhaupt noch etwas zu merken ist, dieser Rest aus einem einzigen etwas heller nuancirten Bande in der Nähe des hinteren Poles besteht.

Offenbar ist das Auge des Menschen und vieler Thiere in der Lage nach flüchtigen Lichteindrücken, welche selbst in örtlicher Einschränkung keine totale Purpurbleiche aufkommen lassen, der Retina die zum Regeneriren nöthige kurze Zeit der Ruhe und Dunkelheit zu gewähren, und wenn dies durch den Lidschlag geschieht und durch das Lid noch etwas Licht dringt, so ist es zu unserem Vortheile rothes, welches das Blut seiner wirksamsten Schwingungen auf den Sehpurpur beraubte. Wir haben freilich die Ueberzeugung, dass das menschliche Auge in der Tagesarbeit unter gewöhnlichen Verhältnissen vielfach um seinen Purpur kommt und dann wol nahezu 40 Minuten, wenn nicht mehr, braucht, um wieder zu dem normalen Gehalte zu gelangen; in dem mittleren Lichte aber, das wir für feinere Arbeit bevorzugen, und in der Beleuchtung, die wir namentlich zum dauernden Sehen verwenden, dürfte der Sehpurpur immer nur theilweise in einem Stäbchen zersetzt werden und statt der Neubildung nur Rückbildung seitens des Epithels beanspruchen. Die letztere ist es aber, welche halbe Stunden, die erstere, welche Minuten, vielleicht nur Secunden oder Bruchtheile von Secunden in Anspruch nimmt, und wenn dem so ist, so wird die dazu nöthige Verdunkelung entweder erreicht, indem wir den Blick von hellen Objekten auf dunkle gleiten lassen, oder ebenso unbewusst durch den Lidschlag; andernfalls müssten wir gewärtig sein, unsern Sehpurpur für länger als eine halbe Stunde, wie das Kaninchen unter dem optographischen Objekte, zu verlieren, wenn wir nur 3 Min. zum Fenster hinaus dem Zuge der Winternebel folgen, was Niemandes Auge anstrengt.

Um aus solchen Ueberlegungen wissenschaftliches Gut zu

machen, gibt es keinen andern Weg, als die Beobachtung am menschlichen Auge und es ist darum sehr zu beklagen, dass es bis heute nicht gelungen ist, mit dem Augenspiegel zu entscheiden, ob der Sehpurpur an der Leuchtfarbe des Augengrundes betheiligt sei, und dass Niemand von dem lebenden Auge sagen kann, ob es purpurhaltig ist oder nicht. Es wird desshalb jede Angabe über die Farbe menschlicher Netzhäute von Werth sein, wenn ihr die Bedingungen, unter welchen das Auge sich vorher befunden, hinzuzufügen sind. Schon die eine von *Schenk* und *Zuckerkandl* gefundene Thatsache, dass das Auge eines nach Sonnenaufgang unter freiem Himmel Hingerichteten purpurhaltig und den Angaben nach mindestens so purpurreich, wie die meisten bis jetzt untersuchten Dunkelaugen gewesen (vergl. Hft. I, S. 33), ist desshalb hoch schätzbar und hätte wohl verdient, bei ihrer weiteren Verbreitung durch Referate vollständig mit Rücksicht auf die Belichtung wiedergegeben zu werden. Wir fügen derselben (vergl. die Nachträge) eine Beobachtung hinzu über Erhaltung des Purpurs bis zum Tode in einem von Gaslicht erleuchteten Sterbezimmer.

So weit es möglich war, haben wir versucht, über den Einfluss des Lidschlages und der Intermittenz des Lichtes auf den Gang der Purpurbleiche bei Thieren Aufschluss zu suchen. Hinsichtlich der Resultate und deren unmittelbarer Uebertragung auf das Sehen, was fast gleichbedeutend mit der Annahme wäre, dass sich die Dinge beim Menschen ebenso verhalten, wie beim Kaninchen, ist im Voraus zu bemerken, dass wir sowohl in den bekannten Unterschieden des feineren Baues zwischen thierischen und menschlichen Netzhäuten, wie in der Thatsache, dass die meisten Thiere ausser dem Auge und dem Ohre in der Nase ein drittes fernreichendes Sinnesorgan besitzen, das dem Menschen beinahe abgeht, starke Gründe zur äussersten Zurückhaltung und zur ausschliesslichen Verwendung des Gefundenen auf das noch

genauer zu untersuchende Sehvermögen der Versuchsthiere finden.

Zum Optographiren mit unterbrochener Belichtung wurde vor dem Auge eine dunkle Scheibe mit geeigneten Ausschnitten durch ein Uhrwerk gedreht. Um jede gewünschte Geschwindigkeit zu erhalten, wurde die bewegliche Axe mit Hülfe einer fest darauf gesetzten Rolle von kleinem Durchmesser und einer über deren rauhen Rand laufenden Schnur mit der Trommel des nach *Ludwig's* Angaben von *Baltzer* und *Schmidt* in Leipzig gebauten Kymographions in Verbindung gesetzt, dessen Umgänge bekanntlich innerhalb weiter zeitlicher Grenzen nach Willkür veränderlich sind. Die Trommel war an der Stelle, wo die Schnur um sie lag, zur Sicherung der Reibung mit einem Tuchstreifen überzogen. Es gelang so das Diaphragma der Scheibe mit grosser Regelmässigkeit über dem Auge vorbei zu bewegen.

Indem die Scheibe in der Secunde einmal umlief und die Diaphragmen 2 gegenüberliegende Quadranten einnahmen, wurde das Auge je $^1/_4$ Sec. beschattet und $^1/_4$ Sec. belichtet, also die halbe Versuchszeit exponirt unter 2maligem Wechsel von hell zu dunkel in 1 Secunde. Als Belichtungszeit wählten wir zunächst diejenige, welche ununterbrochen mit Sicherheit vollkommene, eher über- als unterexponirte Optogramme lieferte, also 3 Min., im Ganzen jetzt 6 Min. Das Kaninchen wurde wie gewöhnlich aufgestellt und die drehbare Scheibe möglichst nahe über das Auge gerückt. Nach weiteren 6 Minuten befand sich das zweite Auge unter dem beweglichen Diaphragma; es wurde 3 Minuten exponirt. Bis zum Decapitiren verging noch 1 Min. Aus dem Alaun genommen zeigte das erste Auge, das also während 3 Min. Licht erhalten und zur Regeneration 10 Min. (6 + 3 + 1 Min.) Zeit gehabt hatte, welche für diese Expositionszeit früher durchaus nicht genügt hatte, das Bild wieder unkenntlich zu machen, nur Spuren des Optogramms, das nur aus zwei kenntlichen,

etwas heller gefärbten Streifen bestand, nichts von seinen peripherischen Theilen errathen liess und auf der Sehleiste kaum zu bemerken war. An dem andern Auge, das im Ganzen $1^1/_2$ Min., also vollauf genügend um ein sehr kenntliches Bild zu liefern, belichtet worden, war keine Spur des Optogramms zu erblicken. Hier fällt jeder Verdacht weg, dass erblasste Stellen nachträglich regenerirt worden. Der Versuch beweist, dass nach jedesmaliger $^1/_4$ Sec. dauernder Belichtung, ebenso lange Beschattung nahezu vollkommene Regeneration hervorbringt; wir sagen: „nahezu“, obgleich die letzte Exposition von $1^1/_2$ Min. gar kein Bild gegeben hatte, weil der andere Versuch von der doppelten Zeit noch eins erzielte und wir uns nicht vorstellen mögen, dass es erst nach Ablauf der ersten $1^1/_2$ Min. *angefangen* habe, sich zu bilden. Unter Einhaltung derselben Zeiten haben wir diesen Versuch, schon um möglichst grosse Sicherheit im Experimentiren zu erwerben, viele Male bei der gleichen, fast ausschliesslich verfügbaren, sehr mässigen Intensität des Tageslichtes wiederholt und immer dasselbe oder fast gleiche Resultat erhalten.

Bei hellerem Lichte unter jagenden, weissen Wolken, das uns ausnahmsweise begünstigte, kamen trotz Intermittenz Optogramme aber schon in $^1/_2$ Min. zu Stande. An demselben Tage wurden 2 Versuche gemacht, indem das erste Auge jedesmal $1^1/_2$ Min., das zweite 1 Min. unter dem Apparate verweilten. Zwischen beiden Expositionen vergingen je 12 Min., so dass das erste Bild je 15 Min. Zeit zur Regeneration erhielt. Der Erfolg war bei dem zweiten Augenpaar der genannte, bei dem ersten, Abwesenheit jeglichen Optogramms. Für dieses Licht hatte die Zeit von 30 Sec., die es nach Abzug der Unterbrechungen auf die Retina fiel, genügt, das Stadium I etwa hervorzubringen und da es in dem jedesmal vorangegangenen Versuche 45 Sec. gewirkt hatte, musste das Optogramm dort noch besser gewesen sein,

immer aber schwach genug, um in den 15 Min. darauffolgender Dunkelheit wieder verwischt zu werden.

Noch ohnmächtiger erwies sich die Intermittenz bei weiterer Steigerung der Lichtintensität. Am 11. Jan. exponirten wir ein Auge um 12 Uhr in der gewohnten Weise, während der Himmel wolkenfrei war und die Sonne auf den oberen Verschluss des Lichttrichters fiel. Obwohl die Objecttafel keine direkten Sonnenstrahlen erhielt, wurde eins der Diaphragmen auf der Drehscheibe geschlossen, so dass nun auf $^1/_4$ Sec. Belichtung $^3/_4$ Sec. Schatten folgte. Das erste Auge wurde 6 Min. unter dem Apparate gehalten, also 90 Sec. belichtet, das zweite $^1/_2$ Min. später 3 Min., so dass es 45 Sec. Licht erhielt. Das Thier wurde darauf sofort getödtet. Das erste Auge, welches hiernach noch $3^1/_2$ Minuten Regenerationszeit erhalten hatte, zeigte 3 weisse Streifen, deren Fortsetzung auf der Sehleiste hell rosa aussah, während das zweite Auge nur einen kenntlichen Streifen, farblos mit rosa gefärbter Umgebung erkennen liess.

Unmittelbar nach diesem Versuche wurde bei fortdauerndem Sonnenschein an einem zweiten Kaninchen, unter Beibehaltung der eben genannten Intermittenz, das erste Auge 3 Min., das andere, 1 Min. später, $1^1/_2$ Min. exponirt und um weniger Licht in das Auge dringen zu lassen, ein kreisförmiges Diaphragma von 3,5 mm. Durchmesser unmittelbar über dem Corneascheitel befestigt. Im zweiten Auge war die Retina jetzt ganz unverändert purpurfarbig, während die des ersten zwar kein Optogramm, im Ganzen aber eine mehr reinrothe Färbung erkennen liess. Für die Intensität, welche das Licht jetzt im Auge noch haben konnte, war also die der Belichtungszeit dreimal überlegene Zeit der Verdunkelung hinreichend, um während 22,5 Sec. und 45 Sec. im Ganzen wirkender Bestrahlung keine bemerkbare Bleichung aufkommen zu lassen.

Unsere Absicht, am Kaninchen den Lidschlag nachzuahmen

oder die zeitlichen Verhältnisse des Blinzelns oder Plinkens menschlicher Augen auf das Kaninchen zu übertragen, scheiterte an der Unmöglichkeit am Kaninchen irgend welche Regel dieser Bewegungen herauszubringen. Ganz im Lichte oder vor einer hellen Oeffnung gehalten pflegten sie gar keinen eigentlichen Lidschlag vorzunehmen, sondern die Augen zuweilen für längere Zeit zu schliessen; es hatte daher keinen Sinn, diese indolenten Thiere unter dem optographischen Objecte, wo man sie noch fesseln musste, darauf gründlicher zu untersuchen. Da es auch am Menschen kurzer Hand nicht glücken wollte, bei der gegebenen Belichtung, Normen für den Lidschlag herauszubringen, insofern unbenachrichtigte Personen, die sich mit dem Kopfe unter das Object legten, bald ohne Lidschlag darauf starrten, bald in offenbar ungewohnter Weise häufig blinzelten, haben wir nur einige Versuche in der Art ausgeführt, dass wir mit der Hand jede zweite Secunde einen schwarzen Pappstreif mit solcher Geschwindigkeit vorbei bewegten, dass das Auge etwa so lange beschattet blieb, wie das eines daneben stehenden Menschen, wenn er das Lid senkte. Ein unter diesen Umständen in 3 Min. bei sehr trübem Lichte erhaltenes Optogramm war nicht merklich von den früheren, ohne alle Intermittenz in derselben Zeit gewonnenen, verschieden. Ebenso fiel ein Versuch mit dem Uhrwerke aus, als wir damit jede Secunde einen Streifen von 5 Ctm. Breite, 20 Ctm. von der Axe entfernt, vor der Cornea vorüberziehen liessen.

Nach diesen Erfahrungen bleibt es am gerathensten von den Lebensgewohnheiten, welche das Sehen der Thiere begleiten, abzusehen und die Frage rein experimentell zu behandeln, indem man die Zeiten und den Rhythmus herausprobirt, bei welchen der Sehpurpur in der lebenden Netzhaut trotz der Belichtung erhalten bleibt. Da dies nur durch eine sehr grosse Versuchsreihe möglich ist, und Herr Dr. *Ayres*, der uns schon bei der

vorstehenden sehr wirksam unterstützte, darüber bald weitere Mittheilungen wird geben können, beschränken wir uns auf die Anführung des Folgenden.

An einem der wie gewöhnlich trüben Tage, wo die Lichtintensität wieder so war, wie bei der überwiegenden Mehrzahl der Aufnahmen, wo also in 15 Sec. ein angedeutetes Bild, in 45 Sec. ein dem Stadium II entsprechendes erhalten wurde, exponirten wir noch einmal in derselben Weise, wie früher, so dass jede Belichtung $^1/_4$ Sec., jede Beschattung $^3/_4$ Sec. dauerte. Das erste Auge erhielt 45 Sec. Licht, das zweite 22,5 Sec.; die ganze Versuchsdauer betrug demnach je 3 Min. und $1^1/_2$ Min. Das zweite Auge wurde sofort höchstens $^1/_4$ Min. nach dem ersten eingestellt, das Thier unmittelbar darauf getödtet und die Augen mit grosser Eile in Alaun gebracht. Jetzt waren beide Retinae völlig unverändert, von Dunkelnetzhäuten gar nicht zu unterscheiden. Für das verwendete Licht mittlerer Helligkeit war also die eingehaltene Intermittenz die richtige, um die normale Entstehung des Bildes aufzuheben, oder die gewöhnliche kräftige Anfangsbleichung zu verwischen, was nur der Regeneration zugeschrieben werden kann.

Noch wirksamer erwiesen sich zwischen die Belichtung eingeschobene Beschattungen längerer Dauer. Wir verschlossen an der Scheibe eins der Diaphragmen, so dass unter sonst gleichbleibenden oder selbst günstigeren Verhältnissen die Belichtung statt der Hälfte nur $^1/_4$ der Versuchszeit dauerte und auf $^1/_4$ Sec. Belichtung je $^3/_4$ Sec. Beschattung folgten. Das erste Auge wurde bei besserem Lichte, als im vorigen Versuche, 8 Min. exponirt, also 2 Min. belichtet, das zweite in 2 Min. während 30 Sec. insolirt. Im ersten Auge zeigte sich eine äusserst schwache Andeutung eines hellen Streifens auf der Fläche, nicht in der Sehleiste, rosenfarben und so kurz, dass nur die Spur eines Bildes zu ahnen war. Im zweiten Auge war gar keine Veränderung zu bemerken.

Schliesslich wurde der Ausschnitt des einen Diaphragmas noch auf die Hälfte reducirt, so dass $^7/_8$ Sec. Dunkelheit mit $^1/_8$ Sec. Licht abwechselten. Der Versuch dauerte eine volle Stunde, die Retina erhielt (wieder bei recht günstigem Himmel) demnach Licht während der enormen Zeit von $7^1/_2$ Min. Dennoch bestand das Optogramm aus nur zwei rosafarbenen, sehr kurzen Streifen oder Flecken.

Erwägt man, mit welcher Geschwindigkeit der Purpur im lebenden Auge des Säugethieres bleicht und mit welcher Langsamkeit er beim Frosche intra vitam schwindet, erwägt man ferner, wie gross in dieser Hinsicht die Differenz zwischen der isolirten und der im lebenden oder überlebenden Froschauge befindlichen Netzhaut, wie klein sie beim Kaninchen ist, so scheint im Auge des Warmblüters von Indolenz des Purpurs kaum die Rede sein zu können und wenn man nicht die ungereimte Annahme machen will, dass der Regenerationsprocess beim Frosche mit trägem Stoffwechsel, kräftiger und schneller arbeite, als beim Warmblüter, wo die meisten chemischen Umsetzungen in viel kürzerer Zeit verlaufen, so erwecken die Thatsachen zunächst nicht grade Vertrauen zur allgemeinen Gültigkeit der vom Froschauge erschlossenen Processe. Dennoch sind dieselben maassgebend und es bleibt nur das Eine z. Zt. auffällig, dass die Kaninchennetzhaut nach totaler und kurze Zeit bestandener Purpurbleiche gegen 35 Min. und mehr Lebenszeit gebraucht, um wieder auf den alten Stand zu kommen. Immerhin ist diese Zeit kürzer, als beim Frosche und es wird die zeitliche Differenz der Lebensbleiche deshalb auf eine grössere Lichtempfindlichkeit der purpurnen Schicht, welcher der Regenerator trotz grösserer Leistungsfähigkeit nicht gewachsen ist, zurückzuführen sein.

Die nächste Annahme, zu welcher die unbefangene Ueber-

legung greift, dass der Purpur der Säuger ein anderer, lichtempfindlicherer chemischer Körper sei, als der des Frosches, liess nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen im Stich, denn im gelösten Zustande zeigte er davon nichts. Wir haben möglichst gleich gefärbte Purpurlösungen vom Frosche, dem Rinde und dem Kaninchen in demselben Lichte gehalten in nicht merklich verschiedener Zeit ausbleichen und die Lichtbleiche in der isolirten Retina des Kaninchens nur um so viel schneller verlaufen sehen, als es nach der Längendifferenz gegenüber den Stäbchen des Frosches, d. h. wegen der geringeren Dicke der Purpurschicht zu erwarten war. Von welchem Einflusse dies sei, bedarf keiner Erörterung; wir haben es auch direkt an dem langsameren Bleichen der Retina einer Ratte beobachtet, wo die Stäbchen sehr lang sind und die Färbung in Folge davon so auffällig ist, wie es schon *Max Schultze* hervorhob. In der Kürze der Stäbchen ist also ein Moment gefunden, das die Vorgänge in den meisten Säugeraugen verständlicher und die Annahme verschiedener Purpurarten scheinbar unnöthig macht. Ein anderes vielleicht so nahe liegendes Moment, dass man es an erster Stelle vermisst haben wird, war in der Höhe der Körpertemperatur zu vermuthen. Dieselbe ist in der That von ausserordentlichem Einflusse, aber wir entdeckten es erst auf einem Umwege, nachdem wir die im nächsten Capitel zu beschreibende kaum merkbare Steigerung der Lichtempfindlichkeit des Froschpurpurs von + 10° bis + 37° und 38° C. in, wie ausserhalb der Netzhaut wider Erwarten bemerkt hatten. Ein Versuch am Lebenden gab erheblichere Differenzen zu Gunsten der Bluttemperatur, denn wir fanden die Retina eines im Wasserbade von 38° C. gefesselten Frosches, dessen Auge gegen den Himmel gerichtet worden, nach 15 Min. stark abgeblichen, während die des Controlthieres von 12° C. dazu mehr als 30 Min. gebrauchte. Glücklicher Weise brauchen wir uns auf diesen Versuch nicht zu berufen, denn das mikrosko-

pische Aussehen der im Leben erwärmten Retina musste Misstrauen gegen die Verwendung der Thatsache auf die vorliegende Frage und auf die Lebensverhältnisse überhaupt erwecken: die Retina war scheckig und enthielt ausser wirklich gebleichten Stäbchen ungewöhnlich viele Pseudooptogramme, wo nur Zapfen standen, während die Stäbchen im Augengrunde am Epithel sitzen geblieben waren.

Temperaturdifferenzen, die am Froschpurpur ohne Einfluss auf die Lichtbleiche waren, konnten an dem des Kaninchens Bedeutung haben. Wir erwärmten deshalb in der Weise, wie es im nächsten Capitel beschrieben wird, jedesmal neben einer Froschnetzhaut die Hälfte einer ganz frischen Kaninchenretina auf 37°,5 C. und stellten daneben eine Einrichtung auf, welche die andere Hälfte der letzteren auf 12° C. erhielt. Als die Erreichung der genannten Temperaturen anzunehmen war, wurden alle dem gleichen, sehr schwachen Lichte ausgesetzt und da ergab sich in der warmen Kaninchennetzhaut schon nach 10—15 Sec. ein starker Umschlag in Gelb, während die andere noch purpurn, nicht einmal roth war, nach 30 Sec. ein Unterschied von Roth zu hellstem Gelb, nach 45—60 Sec. vollkommenes Erbleichen im erwärmten Präparate, wo das kältere erst aus Orange in Gelb überging, das da erst in 4—5 Min. ganz verschwand. Die Froschnetzhäute veränderten sich bei dem schwachen Lichte überhaupt erst in 2 Min. zu Gelb und zeigten untereinander verglichen, kaum merkbare Differenzen. An feuchten Alaunpräparaten ergab dasselbe Verfahren ähnliche Unterschiede, von denen an ebenfalls alaunisirten Froschnetzhäuten wiederum nichts zu finden war. Die erwärmte Kaninchennetzhaut schlug hier fast augenblicklich in Gelb um, während die andere mehr als $^1/_2$ Min. brauchte, um nur orangeroth, mehr als 1 Min., um gelb zu werden. Das Gelb schwand an dem verwendeten Lichte übrigens in beiden Netzhäuten nicht vollständig.

Dies Verhalten macht es mehr als wahrscheinlich, dass der Sehpurpur nicht bei allen Thieren der nämliche chemische Körper sei. Entscheidung darüber ist von Erwärmungsversuchen an Purpurlösungen verschiedener Quellen zu erwarten. Wie es verschiedene Hämoglobine giebt, so liegt in der Vermuthung für den Sehpurpur nichts Ungereimtes, um so weniger, als man ohne die Annahme schwer versteht, weshalb die Netzhautfarbe mancher Thiere selbst bei mittlerer Sättigung so viel mehr zum Violet neigt, als bei anderen. Gegentheiligen Angaben gegenüber müssen wir von neuem hervorheben, dass sich namentlich der menschliche Purpur darin auszeichnet, den wir in richtigen Dunkelaugen wenn auch gelegentlich weniger intensiv, als beim Kaninchen, nach lichtsicherer Präparation aber im ersten Anblick viel violetter, als bei jenem, gesehen haben.

Unter den Gründen der schnelleren Ausbleichung beim Kaninchen, der langsameren beim Frosche ist noch der Pupillenweite zu gedenken, denn alle neueren Versuche am Kaninchen beziehen sich auf atropinisirte Augen, während das Mittel beim Frosche bis jetzt selten Verwendung fand. Es wird über den Einfluss des Giftes am Froschauge noch manches experimentell festzustellen sein, um die optographische Methode da von Unsicherheiten zu befreien, welche bei Differenzen der Pupillenweite von 1 mm. — 3 mm., die wir an gleichmässig belichteten Fröschen sahen, nicht fehlen können, aber man darf nicht glauben, dass die am Auge lebender Frösche und Kaninchen constatirten colossalen Bleichungsunterschiede auf die Pupillendifferenzen zurückzuführen seien, da das Kaninchenauge mit engster Pupille dem weitesten Froschauge immer noch ausserordentlich überlegen ist und ein halbirtes Froschauge, das so offen ist, wie eine Schaale, noch relative Indolenz des Sehpurpurs zeigt. Vergleichungen der beiderlei Augen sind ohnehin unzulässig, weil das Bild darin bei gleicher Pupillenöffnung von sehr verschiedener Grösse und das

Licht in Folge davon auf den Netzhautelementen von entsprechend verschiedener Intensität ist.

Am Kaninchen haben wir den Einfluss der Pupillenweite besonders festzustellen gesucht, indem wir in jedem Auge ein Bild erzeugten und nur beim zweiten Atropin wirken liessen, oder indem wir beide Augen atropinisirten und einen Versuch hinter einem dicht vor der Cornea befestigten Diaphragma von 4 mm. Durchmesser, das die Wirkung einer sehr engen Pupille hatte, den andern ohne dasselbe ausführten. Unter dem optographischen Objecte fanden wir den Durchmesser der Kaninchenpupille meist = 4—4,5 mm., nach dem Atropin = 7,5 —8 mm. und die erforderlichen Expositionszeiten diesen grossen Unterschieden entsprechend veränderlich. Gefunden wurde z. B. Folgendes: Das erste Auge war vor dem Atropin 6 Min., das zweite nach der Giftwirkung 3 Min. exponirt: 1 zeigte gar kein Bild, 2 ein überexponirtes; oder es waren beide Augen atropinisirt, das erste 7 Min., das zweite hinter der künstlichen Pupille 10 Min. exponirt: 1 hatte ein stark überexponirtes Bild, 2 eins, das für vollkommen gelten konnte. Andere Versuche zeigten, dass mit der hier überall verwendeten optographischen Einrichtung auch im besten Lichte mit dem engen Diaphragma oder ohne Atropin in weniger als 5—6 Min. anhaltender Exposition kein Bild zu erzielen war. Wenn es dem Einen von uns früher gelang die ersten Lebensoptogramme am nicht atropinisirten Auge in 3—5 Min. zu erhalten, so lag dies an dem damals benutzten viel intensiveren Lichte, das nicht durch mattes Glas, welches später ohne Ausnahme die Fläche des Objectes bildete, gedämpft worden.

Hiermit schliessen wir die Mittheilung der ersten ausgedehnteren Erfahrungen über Aenderungen der Retinafarbe durch weisses Tageslicht ab, in der Meinung, dass die Fortsetzung der Versuche erst Erfolge verspricht, wenn man die Intensität des

Lichtes beherrschen und bestimmen kann. Eher dürften manche Fragen, die bis jetzt unberührt bleiben mussten, wie z. B. die von der photochemischen Induction, nicht in lohnender Weise in Angriff zu nehmen sein.

Vom Einflusse des farbigen Lichtes auf den Sehpurpur des lebenden Auges.

Am Schlusse des ersten Capitels wurde kurz erwähnt, dass die Belichtung des lebenden Froschauges mit monochromatischem Lichte des Spectrums Veränderungen erzeugte, welche identisch mit den von uns an der isolirten Netzhaut auf gleiche Weise erhaltenen waren. Da diese unsere Angabe, die wir nach sehr zahlreichen weiteren Versuchen im ganzen Umfange, mit grösster Bestimmtheit vertreten, in ausgeprägtem Widerspruche zu den Angaben *Boll*'s über denselben Gegenstand steht, sind wir genöthigt genauer darauf einzugehen.

Wir fanden nur ein Mittel, um die Ausbleichung intra vitam durch spectrales Licht, das naturgemäss nur von geringer Intensität sein kann, zu erzielen, indem wir mit oder ohne eingeschaltete zweite Linse den Schnittpunkt der Strahlen so nahe vor das Auge des fixirten Frosches fallen liessen, dass die Strahlen im Auge parallel wurden oder etwas divergent die Retina erreichten. Um vor dem Uebergreifen benachbarter Strahlen sicher zu sein, wurde der Frosch hinter einen besonderen Spalt gerückt, der nur die gewählte Farbe durchliess. Jede andere Art spectraler Belichtung, indem man den Frosch z. B. ohne Umstände an irgend welcher Stelle eines sehr grossen Spectrums befestigte oder auf eine Fläche legte, die vom Bildspalte ein breites Büschel divergenten einfarbigen Lichtes erhielt, verfehlte den Zweck: die Intensität reichte dann auch im wirksamsten Gelbgrün nicht hin.

Unser Verfahren erzeugte auf der Netzhaut ein Optogramm, und wie dieses beim Frosche zu erhalten sei, welche Schwierigkeiten dazu zu überwinden waren, wurde bereits in einer be-

sonderen Abhandlung (Heft 3. S. 225) erörtert; was dort für diffuses Tageslicht angegeben worden, galt in gleichem Maasse für die Bilder farbiger Objecte: es musste auch hier die Exposition lange dauern und es musste in allen Fällen für die Ablösung der Netzhaut von dem festhaftenden Epithel durch Anwendung des Curareödems gesorgt werden; nach rother Belichtung war das Mittel nicht einmal ausreichend, obwohl wir diese mit dem Spectrum zu Veränderungen der Netzhautfarbe niemals intensiv genug erhielten. In diesem Falle mussten die ödematösen Frösche sogar in einem Bade von etwa 35° C. gehalten werden, um die Retina aus dem Auge rein herausnehmen zu können.

Der Widerspruch unserer Befunde zu denen *Boll*'s liegt in 2 Punkten. *Boll* giebt an, er habe durch das mit einem *Merz*-schen Prisma aus schwerem Flintglas (das wir auch verwendeten) erzeugte Spectrum dieselben Resultate, wie mit farbigen Gläsern erhalten, also abgesehen von eigenthümlichen, neu aufgetretenen Nuancen, die noch zur Erörterung kommen, auch dieselben zeitlichen Differenzen in der Wirkung der Einzelfarben. Mit blauen Kobaltgläsern wurde ganz so, wie es der Eine von uns für reines blaues Licht, welches durch Kupferoxydammoniak gegangen war, gefunden hatte, die schnellste Ausbleichung erzielt; wir fanden aber beim spectralen Blau das umgekehrte Verhalten und zwar nicht nur an der isolirten Netzhaut, sondern auch an der intra vitam belichteten, wenn wir die Wirkung mit der des Grün und Gelbgrün verglichen. Da blaue Kobaltgläser ausserordentlich viel Roth durchlassen, haben wir nicht versäumt mit Spectralfarben zu untersuchen, ob die Beimengung dieses Roth die Wirkung des Blau unterstützen könne, aber es wurde keine Andeutung davon gefunden und da Kupferoxydammoniak, ausser dem Blau, das Violet wenig absorbirt, wurden auch Versuche mit Mischungen aus spectralem Blau und Violet angestellt, die ebenso wenig Verstärkung der Wirkung

oder keine andere, als die in der Intensitätzunahme begründete, ergaben. Somit bleibt für die zwischen beiden Methoden bestehende Differenz keine andere Deutung, als die an sich einleuchtende übrig, dass das blaue Spectrallicht beträchtlich weniger intensiv ausfällt, als das durch Absorptionsmittel zu erzielende, und dass grünes oder gelbgrünes, durch Absorption erhaltenes Licht, wenn es einigermaassen rein ist, dem ebenso erhaltenen blauen an objectiver Intensität nachsteht. Im Brechungsspectrum ist dies umgekehrt und im Interferenzspectrum auch noch in dem Maasse der Fall, dass das Blau bezüglich seiner Wirkung auf Sehpurpur unter allen Umständen dem Grün und Gelbgrün nachsteht [1]).

Der zweite Punkt, wo unverträgliche Resultate zu reimen sind, liegt in der angeblichen specifischen Aenderung der Retinafarbe. Allerdings sind die ersten Aussagen darüber (Monatsber. d. Berl. Acad. Jan. 1877), welche allgemein den Glauben erregten und erregen sollten, dass der Sehpurpur nichts Geringeres als die Lösung des sog. Problems farbiger Photographieen und des uralten Räthsels von den Qualitäten der Empfindung verspreche, allmählich stark und so weit abgeschwächt, dass es dem Einzelnen überlassen bleibt zu entscheiden, wie viel oder wie wenig sich von den ersten Träumen verwirklicht habe; wir glauben aber gerade desshalb keiner Zweideutigkeit mehr Raum lassen zu dürfen und stellen darum gleich das Resultat unserer Erfahrungen an die Spitze der Darstellung. Es lautet:

[1]) Im soeben exstirpirten Kaninchenauge wurde das gelbgrüne und grüne Spectrallicht dem blauen ebenfalls überlegen gefunden. Das albinotische Auge war im Dunkelzimmer hinter dem Fernrohrocular eines gewöhnlichen Spectralapparates so befestigt, dass man ein gutes kleines Bild des vom directen Sonnenlichte erzeugten Spectrums durch die Sklera scheinen sah. Auf dieser wurden mit Tinte, so gut es ging, die Grenzen der Farben bezeichnet, um sich nachher im Optogramm orientiren zu können. Wir fanden nach Exposition von 6—8 Minuten eine Ausbleichung, welche erst hinter dem Gelb begann und vor dem Blau endete.

1. In der isolirten, wie in der lebenden Netzhaut giebt es nur **ein farbiges** Zersetzungsprodukt des Sehpurpurs, das Sehgelb und das Verhältniss des Sehgelb zum Purpur bedingt die Nuancen der Retinafarbe nach der Einwirkung des Lichtes.

2. Wo das Sehgelb so schnell oder schneller zersetzt wird, als der Sehpurpur, wird die Netzhaut rosa oder lila; wo das Umgekehrte stattfindet, roth, orange, chamois oder gelb.

Boll beschreibt und bildet ab 3 Farben der Netzhaut, die rein rothe, als der Dunkelretina zukommend, die purpurne, von tiefem Purpur bis Lila, als durch Wirkung der rothen, grünen und blauen oder violetten Strahlen, die orange bis gelbe, durch gelbes bis gelbgrünes Licht entstanden. Alle diese Farben können aus Sehpurpur und Sehgelb unter passender Verdünnung durch Mischung hergestellt werden, und unsere Beobachtungen über die wirkliche Aenderung, welche Licht verschiedener Wellenlängen erzeugt, würden als thatsächliche Grundlage der obigen Sätze vollkommen mit *Boll*'s Angaben vereinbar sein, wenn nicht gegen deren Beziehung zu den Belichtungsfarben und gegen die Bezeichnung der Dunkelfarbe oder Grundfarbe Widerspruch zu erheben wäre.

Hinsichtlich der Dunkelfarbe müssen wir auf Cap. I und II verweisen und hier vorausschicken, dass die folgenden Thatsachen grade so unverständlich bleiben würden, wie die von uns über die Aenderungen der isolirten Retina gefundenen, wenn man sich nicht überzeugen kann, dass die Retina vor aller Lichtwirkung purpurn ist.

Wir beginnen mit der Frage nach der Wirkung des rothen Lichtes. Rothes Licht, das kein brechbareres, über die Linie C hin vorkommendes enthält, bleicht den Purpur bei bedeutender Intensität langsam, aber zweifellos und vollkommen, im Leben

wie postmortal. Es wird aber behauptet, dass es (geringere Intensität vorausgesetzt) auch das Entgegengesetzte thue, dass es die Netzhautfarbe, wenigstens intra vitam, verstärke oder vertiefe, und dass es die normale Grundfarbe, die von der ungeheuren Mehrzahl der Ophthalmologen für Roth gehalten und ohne Zweideutigkeit ausdrücklich dafür erklärt wird, so dass Niemand von Denen, welche sich der Bezeichnung bedienen, sagen kann, er habe die Purpurfarbe nicht geläugnet, in Purpur oder in Braun umwandle. Das Braun betreffend, würden wir jedes Wort für überflüssig halten, wenn nicht *Boll* sehr bestimmt angäbe, dass es nicht nur an der gesammten Netzhaut, sondern auch an den einzelnen, durch die Längsaxe gesehenen Stäbchen ohne Zuthun des in die Stäbchenschichten reichenden epithelialen Pigmentes deutlich erkennbar sei und wenn nicht *Donders* (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. Beilageheft. XV. Jahrg. S. 155) die Farbe der menschlichen (Dunkel-) Netzhaut damit charakterisirt hätte, dass sie mehr bräunlich sei. Da wir nicht annehmen dürfen, dass *Donders*, der die Netzhaut auch für roth, nicht für purpurn hält, das Haften braunen oder schwarzen Epithelpigmentes, das an jeder Thiernetzhaut vorkommen kann, bei dieser Gelegenheit für erwähnenswerth gehalten habe, bleiben Bestätigungen seiner Angabe für den Menschen abzuwarten; wir haben bisher in keinem menschlichen Auge etwas ihr entsprechendes gesehen und nehmen fast Anstand zu sagen, dass uns einzelne menschliche Retinae vorgekommen sind, die da bräunlich waren, wo das Mikroskop zwischen den Stäbchen Pigmentkörnchen zeigte. Die braune Nuance an anderen, davon freien Präparaten zu sehen, hatten wir keine Gelegenheit.

In nicht zu intensivem rothen Lichte gehaltene Frösche liefern ausserordentlich dunkle Netzhäute, aber es liegt dies daran, dass ihr Purpur unverändert ist, während sehr viel schwarzes Pigment auf den Stäbchen liegt oder zwischen ihnen

steckt. Das Epithel haftet hier noch fester an der Stäbchenschichte wie nach dem Aufenthalte im gemeinen Lichte, und lässt das Pigment namentlich so massenhaft bis zum Beginn der Innenglieder vortreten, dass die Combination des Curareödems mit Erhöhung der Lebenstemperatur, wie schon erwähnt, nöthig wird um die Retina rein abziehen zu können. Ist dies geschehen, so ist eine solche Retina von einer dunkel gehaltenen nicht zu unterscheiden. Da gegen die Art der Lockerung einige Bedenken zu erheben sind, schon weil das Oedem, in der höchsten Entwicklung wenigstens, bei Dunkelfröschen merkliches Ablassen der Retina erzeugt, so haben wir die Färbung ohne das Mittel untersucht, indem wir wenigstens stellenweise das Epithel von den Stäbchen abschabten, was in ausreichendem Maasse gelang. Dann sahen sie, von hinten und in senkrechter Stellung gesehen, genau so aus, wie bei Dunkelfröschen, prächtig purpurn und ohne jede Spuren von Braun. Nur wo das Präparat nicht gut erhalten, die Stäbchen verbogen oder unordentlich lagen, so dass keine reine Ansicht zu gewinnen war, konnte man auf den Gedanken kommen, sie für bräunlich zu halten; man muss aber nicht vergessen, wie viel Pigment auch an den abgeschabten Stellen in der Tiefe zwischen den Stäbchen zurückbleibt, nachdem die Epithelzellen mit Verlust ihrer Fortsätze entfernt worden. Ueber die Frage, ob etwas Braunes oder Schwarzes in den Stäbchen durch rothe Belichtung entstehe, dürfte hiernach entschieden sein; das Object reicht dazu vollkommen aus und antwortet: „Nein.“ — Anders lag die weitere Frage, ob die Netzhautfarbe durch Rothbelichtung sich vertiefe, indem die Stäbchen purpurreicher werden. Wir können nicht darüber verhandeln, ob die Behauptung, dass rothes Licht sogenanntes Sehroth in Sehpurpur wandle, richtig sei oder nicht, und geben derselben die eben gewählte Form, in der sie Sinn hat, denn wir haben vollkommen Musse die Vertreter der Ansicht, dass die Farbe der Dunkelretina nicht purpurn sei, zu

besserer Einsicht gelangen zu sehen und denken nicht pessimistisch genug, um für den Fortschritt der Optochemie zu fürchten, wenn es lange dauert. Es handelt sich also nur darum, ob das rothe Licht mittlerer oder schwacher Intensität die Entstehung des Purpurs beeinflusse oder die Rhodogenese begünstige, vielleicht noch mehr, als es die Dunkelheit thut. In diesem Punkte waren Verschiedenheiten des Verhaltens zwischen der isolirten Retina und der im Leben beeinflussten, richtiger gesagt der epithelfreien und der epithelführenden Netzhaut, denkbar.

Bei den Fröschen wechselt der Purpurgehalt der Stäbchen von einem Individuum zum andern zu sehr, als dass wir hoffen konnten, auf dem bisherigen Wege der Vergleichung am Dunkelfrosche und an den Rothfröschen Sicheres zu erreichen, und welche Mühe es machte, die Beobachtung an den beiden Augen desselben Thieres durchzuführen, wussten wir von unseren Versuchen über einseitige Ausbleichung, die uns keine geringe Meinung von dem Geschicke des Frosches sich von einem lästigen Verbande zu befreien, hinterlassen hatten. Einige Vorversuche an Curarefröschen, deren eines Auge zum Himmel gegen rothes Glas gerichtet worden, während das andere mit etwas Dunklem zugedrückt worden, ergaben nichts in Bezug auf die gesuchte Differenz. So blieb wieder nur die optographische Methode übrig. Das Object bestand in dem mehrerwähnten matten Glasverschlusse unseres Lichttrichters, der jetzt zur einen Hälfte mit einer schwarzen, zur anderen mit einer rothen Tafel bedeckt wurde, nachdem die früher benutzten schwarzen Streifen fortgenommen waren. Um ohne Umstände zu erfahren, welche Hälfte der Retina die belichtete gewesen, und ob die andere durch richtiges Unterlegen des Frosches dem Lichte wirklich entzogen worden, wurde die schwarze Hälfte des Objectes unweit der rothen Grenze mit einem Ausschnitte vor 5 □Ctm. versehen, den wir wegen der

in Aussicht zu nehmenden langen Exposition zuweilen mit mehreren Stücken farblosen matten Glases bedeckten. Der Erfolg fiel schlecht genug aus, insofern die Netzhaut, je nach der Witterung 30—120 Min. exponirt, vorwiegend auf einer Seite von schwarzem Epithel bedeckt zum Vorschein kam, so dass ihre beiden Hälften erst nach dem Abschaben einer Stelle zu vergleichen waren. Nach Expositionen von 30—40 Min. war von Differenzen nichts zu bemerken, das kleine Optogramm des Ausschnittes gut zu sehen. War viel länger exponirt, so war das letztere oft diffus und zu gross, und das Epithel haftete auch auf seiner Seite in grösserer Ausdehnung. Bis hierher war zwar Curare, kein Oedem verwendet, wir sahen aber, dass auch dieses nicht genügte, als wir es hinzunahmen, und mussten, um reine, epithellose Netzhäute zu bekommen, noch zur Erwärmung greifen, indem wir die Frösche unter der Oberfläche eines sehr grossen Wasserbades von 30—35° C. so befestigten, dass hauptsächlich das Auge über dessen Niveau herausragte. So wurden nach der Einwirkung guten Tageslichtes in 30—45 Min. einige ziemlich scharfe, kleine Optogramme des quadratischen Objectes erhalten, aber auf ganz gleichmässigem, zu beiden Seiten hellpurpurnem oder rosafarbenem Grunde. Wo das Optogramm diffus geworden, war seine nächste Umgebung mehr orange oder chamois und in diesen Nuancen nicht verschieden, wo der Hof über die dem Objecte entsprechende Grenze von Roth und Schwarz hinüberreichen musste. Wir haben nach manchen derartigen Versuchen die Ueberzeugung gewonnen, dass das Curareödem mit der Erwärmung combinirt zu Irrthümern führen kann und dass unser aus früheren Erfahrungen (s. oben) dagegen gefasstes Misstrauen gerechtfertigt war, denn wir fanden die Retina hier oft so blass, dass überhaupt keine Entscheidung irgend welcher Art getroffen werden konnte.

Da mit dem Frosche nicht zum Ziele zu kommen war,

gingen wir zu Versuchen am Kaninchen, wo die Sache zugleich grösseres Interesse bot, über. Die eine Hälfte des optographischen Objectes wurde senkrecht zur Richtung seiner Streifen mit rothem Glase bedeckt, das Kaninchen, wie früher angegeben, mit dem Corneascheitel unter den Mittelpunkt des gesammten Objects gerückt, jetzt aber so, dass das Bild der Streifen mit der Sehleiste parallel auf die Netzhaut fiel. Wie das Experiment auch modificirt werden mochte, haben wir ohne Ueberexposition die rothbelichtete Netzhauthälfte niemals mit Streifen tieferen und helleren Purpurs durchzogen gefunden und keinen Unterschied in der Purpurfarbe in der in die bildfreie Netzhauthälfte hinübergedachten Verlängerung der Optogrammstreifen zu entdecken vermocht, wie es hätte der Fall sein müssen, wenn das rothe Licht den Purpur verstärkte. War überexponirt und das Licht intensiv genug gewesen, so hatte auch das Roth etwas zersetzend gewirkt und man sah deutlich, dass die Streifen des schwächeren Bildes, welche weniger purpurn, mehr rein roth oder orange waren, nicht den schwarzen des Objectes, sondern den lichtgebenden rothen entsprachen, denn sie bildeten im Optogramm die Fortsetzung von den breiten weissen Streifen der schwarzweissen Objecthälfte.

Um das rothe Licht möglichst lange ohne daneben stehendes weisses, dessen Wirkung nach längerer Exposition diffus über das dem ersteren bestimmte Netzhautareal fallen musste, ins Auge gelangen zu lassen, wurde dasselbe einfach mitten unter die zur Hälfte schwarz und roth gedeckte Lichtöffnung gestellt und je nach der Beschaffenheit des Tageslichtes verschieden lange, in einem Falle eine Stunde exponirt. Die mittlere Grenze fiel jetzt senkrecht zur Sehleiste auf den Augengrund. Indem wir die alaunisirte Retina, wie immer nach dem Ausbohren der Papille, glatt über ein winziges Porzellanschälchen, mit der Rückfläche nach oben, ausbreiteten, war durch die Lage des Papillen-

loches und des davon abgehenden Streifens der markhaltigen Nerven über dem Horizonte ohne Umstände zu bestimmen, welche Netzhauthälfte die nasenwärts und welche die ohrenwärts gelegene sei. Nach diesen Versuchen besonders haben wir keinen Zweifel mehr, dass das rothe Licht, wenn es überhaupt wirkt, niemals andere Veränderungen der Netzhautfarbe erzeugt, als das weniger brechbare Licht im Allgemeinen, d. h. den Purpur in Sehgelb verwandelt, und rothe bis orange und gelbe Nuancen hervorbringt, welche sehr langsam zum gänzlichen Verluste der Farbe führen. Wo überhaupt Farbendifferenzen auf den beiden Netzhautseiten bestanden, die wir von ganz unbefangenen Personen constatiren liessen, ergab die Orientirung auf der Fläche immer, dass es die dunkel gehaltene, der ungleichnamigen schwarzen Seite des Objectes entsprechende Hälfte war, deren Purpur am wenigsten zum Roth neigte. Zu der ganzen Versuchsreihe mag noch des Motivs gedacht werden, das die Benutzung des Kaninchenauges anrieth und das im wesentlichen in dem Vortheile bestand, den das Alaunverfahren hier wieder gewährte, nämlich unter allen Umständen gänzlich epithelfreie Netzhäute zu liefern, die vom Frosche ohne eingreifende Aenderungen intra vitam nicht zu bekommen waren.

Der Gedanke, dass an der *Boll*'schen Angabe über Verstärkung der Netzhautfarbe durch rothes Licht etwas richtiges sein könne, wurzelte in der schon erwähnten Betrachtung, dass die Rhodogenese oder die Regeneration durch dieses Licht begünstigt werde, weil diese Processe, besonders der letztere, so lange erheblich wirksamer sind, als noch Reste von Purpur in den Stäbchen stecken und neben etwas violettem Licht, nach der Bildung von Sehgelb ohne dieses sogar, nur dem rothen Zugang zum Epithel gestatten. Desshalb sind wir bei dem bisher Erledigten nicht stehen geblieben, sondern haben noch einige Versuche über Regeneration im rothen Lichte angestellt. Wenn irgend

etwas richtiges an der Hypothese war, so musste die Regeneration oder die Rhodogenese an den helleren Stellen eines Optogrammes schneller erfolgen in mässigem rothen Lichte, als in der Dunkelheit. Dies war möglich trotz der vorliegenden Thatsachen, weil gänzlicher Lichtmangel möglicherweise immer ein nicht mehr zu überschreitendes Maximum an Purpur für die Stäbchen schafft, während sehr gedämpftes rothes Licht die Erreichung desselben vielleicht beschleunigte.

Es wurde ein Optogramm durch Exposition von 3 Min. erzeugt, und gleich darauf an Stelle der schwarz-weiss gestreiften Objecttafel die rothe und schwarze gelegt, worunter das Kaninchen noch 30 Min. verweilte. Die Regeneration wurde hierauf sehr merklich gefunden, insofern die hellen Streifen des Bildes nicht mehr weiss, wie sie es nach der Lichtstärke gewesen sein mussten, sondern rosa waren. Zwischen den beiden Hälften des Bildes fand sich keine grosse Differenz. Ein anderes Optogramm, in derselben Expositionszeit bei noch besserem Lichte entstanden und 40 Min. intra vitam unter Roth und Schwarz gelassen, bestand noch vollkommen kenntlich auf der Netzhaut, aber die Differenz seiner beiden Hälften war so gross, wie die der beiden Netzhauthälften überhaupt, indem die eine rein roth bis orangeroth, die andere prächtig purpurn war. Die erstere Hälfte entsprach der im rothen Lichte regenerirten, und hier war das Optogramm unzweifelhaft deutlicher, die Farbe der hellen Streifen viel heller und mehr chamois, als auf der andern Seite, jenseits der Farbengrenze der ganzen Fläche, wo sie gut rosa war, während die dunklen Bildstreifen im Gegensatze zu denen der gegenüberliegenden Seite brandroth aussahen.

Es geht aus dieser letzten Versuchsreihe hervor, dass man dem rothen Lichte auch nicht die Bedeutung eines Reizes für die Regeneration oder für die Rhodogenese, wohl aber die wichtige negative Eigenschaft zuschreiben darf, diese Processe

nur sehr unwesentlich zu hindern. Unter geringeren Intensitäten, als den zu unsern Versuchen nöthigen, meinen wir daher wohl Zustände annehmen zu können, wo die Regeneration darin nicht schlechter verläuft, als in absoluter Dunkelheit, und dies wird der Grund sein, weshalb bei recht schwachem weissem Lichte, von dem nur die rothen und die ausserordentlich wenig intensiven violetten Strahlen durch die Stäbchen zum Epithel gelangen, die Retinafarbe grade so gut bleibt, wie im Dunkeln. Man braucht nur an das Sehen der Eule in der Dämmerung zu denken, um sich vorzustellen, wie gut da in den langen Stäbchen bei andauerndem Gebrauche das Gleichgewicht zwischen Purpurzersetzung und Wiederbildung erhalten bleiben kann.

Ueber die Wirkung der übrigen Farben haben wir unserer kurzen Bemerkung (Heft 2, S. 101) wenig hinzuzufügen: wir fanden dasselbe, was an der isolirten Netzhaut beobachtet wird, dass sie um so mehr das Sehgelb neben oder vor dem noch vorhandenen Purpur ausbleichen, je brechbarer sie sind. Rothe, orange, gelb oder chamois aussehende Netzhäute werden deshalb im Leben unter gefärbten Gläsern oder Lösungen am leichtesten hervorgebracht durch gelbes, gelbgrünes und grünes Licht, aber die Erscheinung ist intra vitam niemals von der Deutlichkeit, wie an isolirten Netzhäuten, weil dem Sehgelb so lange durch den Regenerator immer wieder Purpur zugemischt wird, als noch etwas Farbiges in den Stäbchen übrig geblieben ist. Man würde darum von der lebend belichteten Netzhaut noch weniger, als von der isolirt und epithellos verwendeten nach dem Aussehen sagen können, welchem Lichte sie ausgesetzt war, oder wenn man es thäte, nichts anderes sagen, als was man von jeder für alle Farben bis zum Roth sensibilisirten photographischen Platte sagen kann, wo man behaupten würde, hier war blau, dort grün belichtet, wenn man die Expositionszeit kennt oder erschliessen kann, worin Niemand eine Annäherung an die Herstellung sog.

farbiger Photographieen erblicken wird. Bei der Netzhaut sind aber solche Aussprüche nach intra vitam geschehenen Veränderungen auch in der unschuldigeren Form eines Resumé's besonders unzulässig, weil man z. B. ein helles Lila finden kann, das Der, den man beim Worte nimmt, durch blaues oder violettes Licht entstanden erklären muss, während die Retina eben so gut von einem sehr intensiv roth belichteten Frosche stammen kann, der nach totaler Bleichung $^1/_2$ Stunde im Dunkeln zubrachte und die ersten Spuren von Purpur wieder ansetzte.

Wie rothes Licht keine braune Nuance des Sehpurpurs erzeugt, so bringt andersfarbiges auch keine grauen oder schmutzigen Töne hervor. Wohl kann die ganze Netzhaut graugelb oder grauviolet werden, aber es ist dies immer die Folge zwischen die Stäbchen gelagerten Pigmentes, nie eine den Stäbchen oder deren Purpurresten selbst zukommende Nuance. Unten wird gezeigt werden, wie man sich darüber Sicherheit verschafft.

Beim Frosche wären Aenderungen der Gesammtfarbe der Retina durch farbiges Licht denkbar, ohne dass gerade der Purpur seine Nuance änderte, indem das Verhältniss oder die Vertheilung der grünen Stäbchen andere würden. Wie wir sehen, sind die ersten Angaben über Vermehrung der grünen Stäbchen durch farbiges Licht wieder aufgegeben; wir können uns daher eingehenderer Mittheilungen über diese Gebilde, welche wir vorhatten, bei jetziger Gelegenheit enthalten. Nur das Eine sei erwähnt, dass es eine Art die Retina zu betrachten gibt, bei welcher von den grünen Stäbchen nichts zu sehen ist. Wird die Froschretina mit der Vorderseite gegen das Deckglas gelegt, vollkommen glatt ausgebreitet, ohne Druck untersucht, so erhält man das (Heft 3, S. 235) beschriebene zierliche Bild der aus den Stäbcheninnengliedern gebildeten Mosaik, nach etwas tieferer Einstellung das des Anfanges der Aussenglieder. In diesem

Muster sind keine anderen, als purpurne oder graue bis schwarze Setzstücke zu bemerken, niemals grüne, und wenn man das Object an geeignetem Lichte, das die grüne Farbe möglichst schont aber den Purpur entfärbt, besieht, so kommen nur ganz helle, farblose Stücke an Stelle der gewöhnlichen Stäbchen neben den erwähnten grauen und dunkleren, den Zapfen entsprechenden zum Vorschein. Wenn man dieses Bild vor oder nach der Bleichung aufmerksam durchmustert, findet man es nicht ausschliesslich aus den eckigen Stücken, die den Innengliedern der Stäbchen und Zapfen entsprechen, zusammengesetzt, sondern noch aus kleinen, glänzenden, kreisförmigen, deren Durchmesser nicht $^1/_4$ von dem der Stäbchen beträgt, und diese Stücke ersichtlich in der Weise und Anzahl zwischen die übrigen vertheilt, wie man die grünen Stäbchen beim Anblicke von der Epithelfläche zwischen die purpurnen gesetzt findet. Dasselbe Bild haben wir bis jetzt nur von der Retina der Kröte, welche auch grüne Stäbchen besitzt, erhalten, nicht von der des Erdsalamanders, die sie nicht enthält. Hiermit scheint uns über die von *Boll* aufgeworfene Frage, ob die grünen Stäbchen identisch mit den von *Schwalbe* entdeckten, auch von *W. Müller* (Beitr. z. Anat. u. Physiol. *C. Ludwig*, gew. Festgabe Hft. 2. Leipzig, 1875) beschriebenen eigenthümlichen Stäbchen mit kurzem Aussengliede, deren Innenglied in Gestalt eines langen Fadens nach vorn geht, identisch seien, entschieden und das Bild der kleinen Kreise, das jenem Faden entspricht, (vergl. *Schwalbe*, Handb. d. g. Augenheilk. v. *Gräfe* und *Sämisch*. I. S. 406) richtig gedeutet. Da *W. Müller* die genannte Stäbchenart bei Salamandra mac. nicht fand, so stimmt auch das Fehlen jener Kreise in der Salamandernetzhaut zu unserer Auffassung. Dass man an der Stelle der den Stäbchenfäden entsprechenden Kreise nichts von der grünen Farbe der Aussenglieder erkennt, zeigt, wie vollständig sich die Innenglieder der benachbarten Elemente um den Faden zusammendrängen.

Veränderungen der Stäbchen durch Licht.

Im Leben werden einige leicht bemerkbare Veränderungen an der Retina durch Belichtung erzeugt, welche nicht direkt den Purpur betreffen und z. Th. vielleicht überhaupt in keiner Beziehung zu dessen photochemischer Zersetzung stehen. Wir erwähnen ihrer, weil sie für die Chemie des Sehens vermuthlich bedeutungsvoll sind.

Es gibt eine sehr auffällige Veränderung an der Form der Stäbchen, welche sich kurz dahin zusammenfassen lässt, dass kräftige Belichtung von genügender Dauer sie verdickt, quellen macht, Dunkelheit sie wieder zum Schrumpfen bringt und im Querdurchmesser verkleinert.

Genauere Beobachtungen hierüber, welche Herr stud. med. *F. v. Hornbostel* aus Wien im hiesigen Laboratorium anstellte, ergaben Folgendes:

Nimmt man die Retina eines Dunkelfrosches aus dem Bulbus heraus und bringt sie so unter das Mikroskop, dass man die Aussenglieder der Stäbchen von oben sieht, so erscheinen diese bekanntlich als kreisförmige Scheiben, die nicht dichtgedrängt, sondern in geringen Abständen von einander liegen. Die Durchmesser der einzelnen Stäbchen sind nicht gleich gross, sie schwanken zwischen 0,006 bis 0,007 mm. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen Stäbchen schwanken von 0,0005—0,0008 mm.; hie und da finden sich noch grössere Zwischenräume, welche den Stellen entsprechen, wo Zapfen in der Tiefe liegen. Es nehmen somit beim Dunkelfrosche Stäbchen und Zwischenräume den Platz von 0,0065—0,0078 mm. in Anspruch, und wenn das Präparat in einer der sehr kleinen feuchten Kammern, die wir anwenden, einigermaassen kühl gehalten liegen bleibt, so ändert sich darin nichts in der langen Zeit, die bis zum Zerfallen und dem Auftreten der bekannten cadaverösen, unregelmässigen Quellungsformen vergeht, gleichviel ob es von Anfang an dunkel ge-

halten und nur im Natronlichte gemessen worden, oder ob es dem blendendsten Lichte ausgesetzt wurde. Diese Angaben beziehen sich, wie die folgenden, ausschliesslich auf die Elemente des Centrum retinae.

Vergleicht man hiermit den Durchmesser der gänzlich geblichenen Stäbchen eines in der Sonne gehaltenen Frosches, an Stellen, wo die Pigmentzellen ohne tiefere störende Eingriffe in die Stäbchenschicht entfernt worden, so findet man die Zwischenräume in schmale Linien oder in dreieckige und andere sehr schmale Figuren verwandelt und den Durchmesser der Stäbchen, so weit die Genauigkeit der Messung reicht, gleich dem der Stäbchen plus dem der Zwischenräume in der Dunkelretina. Die Stäbchen sind also bis zur gegenseitigen Berührung angeschwollen, dicker geworden. Es braucht aber eine geraume Zeit der Lichtwirkung, bis die Quellung deutlich wird und die Veränderung der Durchmesser durch Zahlen ausgedrückt werden kann. Direkt nach grade vollendeter Ausbleichung des Sehpurpurs ist keine Veränderung wahrzunehmen, wie denn auch zu dieser Zeit das Haften des schwarzen Pigmentes noch wenig ausgebildet ist, wenn kein direktes Sonnenlicht verwendet wurde. Frösche, die eine halbe Stunde hellem diffusen Tageslichte bis zur Erreichung dieses Stadiums ausgesetzt waren, oder schwächer belichtete, deren Retinae noch chamois waren, zeigten Stäbchen, deren mittlere Dicke nur 0,0066 mm. oder wenig darüber betrug.

Entschiedene Quellung ist bereits nach $^3/_4$—1 Stunde, Sonnenlicht vorausgesetzt, bemerkbar. Die Zahlen schwankten zwischen 0,0068—0,0072 mm. Zunahme der Dicke proportional der Zeit der Belichtung liess sich nicht herausfinden, obwohl ein Unterschied zu bemerken ist zwischen den Stäbchendurchmessern eines Frosches, der eine Stunde, und eines, der 3 Stunden besonnt wurde. Nach längerer Besonnung von 8—9 Stunden an den besten Sommertagen war keine weitere Zunahme zu bemerken

und es wurden keine Stäbchen gefunden, deren Durchmesser den Werth von 8 Mikren annäherungsweise überschritten hätte. Nur in sehr vereinzelten Fällen oder nur an kleinen Plätzen der Retina sah man die Quellung den Grad erreichen, dass man sagen konnte, die Stäbchen seien abgeplattet, ihr Querschnitt eckig, statt kreisförmig; im Allgemeinen war das Bild da, wo die Zapfen keine Unterbrechung erzeugten, so, dass man sich die Mosaïk wie aus Reihen der Stäbchenenden zusammengesetzt vorstellen konnte, deren kreisförmige Bilder wie ganz eng auf die Schnur gezogene Perlen aussahen. So sieht die Dunkelretina niemals aus.

Wie die Stäbchen im Lichte aufquellen, quellen sie nach längerem Aufenthalte im Dunkeln wieder ab. Gründlich besonnte Frösche zeigten erst nach 1—1½stündigem Aufenthalte im Dunkeln, also etwa zur Zeit, wenn der Sehpurpur vollständig regenerirt war, nicht eher, wieder den kleinen Stäbchendurchmesser der Dunkelfrösche. Bemerkenswerther Weise erfolgt das Abquellen zwar nicht an der isolirten Retina, aber in dem isolirten Bulbus ebensogut, wie im lebenden Frosche, und man erhält darum zwei durch die Verschiedenheit der Stäbchendicke höchst überzeugende Präparate, wenn man das eine von dem soeben aus der Sonne genommenen Frosche anfertigt, das andere von dem zweiten Auge, nachdem es zwei Stunden im Dunkeln gelegen.

In der Netzhaut von Fröschen, welche lange unter rothem Lichte gehalten worden, war keine Zunahme des Stäbchenquerschnittes bemerkbar, wenn keine Bleichung eingetreten war.

Vom Verhalten des Pigmentepithels im Lichte.

In den engen Zwischenräumen der gequollenen Stäbchen lebend belichteter Netzhäute liegen meist reichlich feine Krystalle des schwarzen Epithelpigmentes, die besonders beim Zerdrücken des Präparates sichtbar werden, wenn das nach den Innengliedern und nach vorn hin sich erstreckende Pigment zu-

gänglich wird, das man an einem guten Präparate sonst nicht sehen kann, weil kein Licht von vorn zwischen die Stäbchen dringt. In Folge dieses Gehaltes an schwarzem Pigment erscheint natürlich die sonst farblose Membran grau und wenn die Stäbchen noch nicht völlig ausgebleicht sind, wird dieses Grau selbstverständlich mit dem Rest von Purpur oder von Sehgelb Mischfarben erzeugen. Darauf beruhen denn auch die sonderbaren Farben, welche *Boll* als den Stäbchen zukommend, nach Belichtung der Frösche mit verschiedenfarbigem Lichte abbildet, besonders das schmutzige Lila oder Violet. Wir haben unschwer entscheiden können, dass hier derselbe Irrthum obwaltet, welcher die Netzhaut von Rothfröschen für braun erklären liess, denn an ordentlich und glatt ausgebreiteten Präparaten sah man von diesen Schmutzfarben nichts, falls das Mikroskop zu Hülfe genommen und die Farbe der im Object senkrecht stehenden Stäbchen allein berücksichtigt wurde; blass purpurne Stäbchen waren da rein lila, obgleich die ganze Netzhaut, wenn man daraus ein Häufchen bildete, jene Schmutzfarbe sehr deutlich annahm. Zum Orange, Chamois oder Gelb in äusserst intensivem rothen oder gelben Lichte intra vitam veränderte Stäbchen boten unter diesen Bedingungen die genannten Farben immer sehr rein dar, während die ganze mit schwarzem Pigmente durchsetzte Netzhaut jede Nuance von Braun darstellen konnte. Damit ist jetzt das letzte Hinderniss der allgemeinen Gültigkeit unseres Satzes, dass die lebende Retina in situ keine anderen Farbenänderungen, als die am isolirten Sehpurpur festgestellten, einzugehen vermag, beseitigt.

Die Schwellung der Stäbchen durch Belichtung bildet offenbar ein günstiges Moment für das Zurückbleiben des schwarzen krystallinischen Pigmentes oder der protoplasmatischen Epithel-Fortsätze, welche es einschliessen, zwischen den Stäbchen. Werden die Epithelzellen an ihren sämmtlichen Fortsätzen so von der Stäbchenschicht, die sie einklemmt, festgehalten, so ist mit einiger

Sicherheit darauf zu rechnen, dass die von der Chorioïdea leicht im Zusammenhange abgehende Epithellage mit der Netzhaut ausschlüpft oder aus dem Bulbus zugleich hervorzuziehen ist. Es würde demnach das nach der Belichtung in normalen Verhältnissen beim Frosche constante festere Haften der beiden äussersten Retinablätter aneinander, das von Anfang an auffallen musste, von *Boll* jedoch, wie es scheint, eher als von uns hervorgehoben wurde, in einfachster Weise erklärt. Die Reihe der Erscheinungen, um welche es sich hier handelt, ist indess ausserordentlich verwickelt und daraus wohl begreiflich, dass jede weitere thatsächliche Beobachtung von einer Deutung auf die andere überspringen liess.

Die erste Deutung, welche der Eine von uns unter Erinnerung an die früheren Bemerkungen *Czerny's* über das pseudopodienartige Verhalten jener Fortsätze versuchte, dass die verschiedene Durchsetzung der Stäbchenschicht mit Pigment auf amoboïden Bewegungen der Fortsätze unter Umherwanderung und Abschichtung des Pigmentes beruhe, ist seitdem von *Boll* an Stelle seiner Meinung, dass es sich um Consistenzveränderungen handle, acceptirt worden, mit besonderer Betonung jener „Abschichtung“. Es stimmte diese Annahme vortrefflich mit *Brücke's* Beobachtungen an den Pigmentzellen der Chamäleonhaut, wo Dunkelheit anscheinend zum Reize wird, so dass die Fortsätze eingezogen werden, Licht das Ausstrecken befördert, und in der Netzhaut brauchte man nur die Epithelfransen für die Haftfäden zu halten, um zu finden, dass Licht das Epithel an die Stäbchen befestigen, Dunkelheit es lockern müsse, weil sich die erst vorgeschobenen Fäden wieder auf den Zellenleib zurückziehen. Die Ansicht war vielleicht gut; aber wir wollen die Thatsachen reden lassen.

Eingehendere Beobachtungen wurden bis jetzt nur an Fröschen angestellt, weil an Säugethieren und Vögeln die auffälligeren Unterschiede des Haftens und Loslassens der Epithelschicht nicht

zu bemerken waren. Am menschlichen, in Eis conservirten Dunkelauge gelang die Trennung vom Epithel meist leicht, am Kaninchenauge im frischen Zustande häufig sehr schlecht, am Dunkelauge eines Affen durchaus nicht, bei der Taube mehr oder minder vollkommen, sowohl bei hell, wie bei dunkel gehaltenen Exemplaren. Unter Anwendung der Alaunmethode haben wir beim Kaninchen das Haften des Pigments an den belichteten Netzhautstellen, während unserer jetzt sehr ausgedehnten Erfahrungen, nur beobachtet, wenn die Augen nicht vollkommen lebensfrisch in das Härtungsmittel gelegt waren. Beim Frosche erzeugt dagegen jede Belichtung, und auffälliger Weise ganz besonders die rothe, auch wenn sie lange nicht intensiv genug ist um irgend welche Veränderung an der Netzhautfarbe aufkommen zu lassen, das festeste Haften. Da hier keine Schwellung der Stäbchen erzeugt wird, (vergl. oben), so sieht man, dass in dieser nicht die ausschliessliche Ursache liegen kann.

Weitere Verwicklungen ergeben sich, wenn man nur auf die Erscheinung des Haftens Rücksicht nimmt, aus den übrigen Bedingungen, welche ausser Licht und Dunkelheit in demselben Sinne oder umgekehrt wirken wie diese. Dieselben wurden schon bei der optographischen Technik, wo ihre Kenntniss unumgänglich ist und bei anderen Gelegenheiten erwähnt: niedere Temperaturen wirken wie Licht, höhere befördern die Dehiscenz auch gegen die Wirkung des Lichtes; in gleichem Sinne wirkt das Curareödem, am mächtigsten in Vereinigung mit Temperaturen von 28°—30° C. Bezüglich des Einflusses der Temperatur von 0° müssen wir nach sehr umfangreichen Erfahrungen hervorheben, dass das Mittel nicht ganz constant anschlägt, nach längerem Kühlhalten der Frösche weniger sicher ist, als in der ersten Stunde. Mit grösster Sicherheit die Dehiscenz am Dunkelauge aufhebend, wirkt das einfache Liegenlassen des exstirpirten Bulbus bis zur ersten gut bemerklichen Abnahme seiner Spannung, also zu einer

Zeit (nach $^1/_2$—1 Std.) und unter Umständen, wo Absterben der Elementarorganismen kaum anzunehmen ist.

Um besseren Einblick in das Verhalten der Epithelschicht zu den Stäbchen zu gewinnen, haben wir die unter den angegebenen wirksamen Einflüssen gehaltenen Augen genauer mikroskopisch untersucht. Dieselben wurden dazu angeschnitten in *Müller*'scher Flüssigkeit längere Zeit gehärtet, darauf in Alkohol gelegt und aus diesem in die von Dr. *Kuhnt* im hiesigen Laboratorium verwendete Einbettungsmischung aus Gummi, Glycerin und Eiweiss gebracht, welche ebenfalls mit Alkohol erhärtet wurde. Der Gebrauch der *Müller*'schen Flüssigkeit war unumgänglich und musste der Alkoholhärtung voraufgehen, weil Alkohol, direkt auf frische Augengründe angewendet, eine schon mit blossem Auge ersichtliche, das zu untersuchende Verhalten betreffende Veränderung erzeugte. Man sieht die Retina des Dunkelauges darin sogleich schrumpfen und sich an den Rändern farblos vom Epithel zurückziehen, und wenn man das Object weiter gehärtet und schnittfähig gemacht hat, die Schnittchen so auseinander splittern, dass sich Epithel und Stäbchen meist vollständig trennen. Wo die Trennung nicht erfolgt ist, findet man die Epithelgrenze in Gestalt einer scharfen, sanft welligen Linie, ohne auch nur kürzere Zacken und feinere Fortsätze zu den Stäbchen hinüberzusenden, ein Bild, das den natürlichen Verhältnissen keineswegs entspricht. Man brauchte von einem Dunkelauge, dessen Epithel vollkommen losliess, nur dieses anzusehen, um zu wissen, dass seine Zellen relativ lange, deren Höhe übertreffende, dicht mit Pigment gefüllte Fortsätze besitzen, und nur aus dem ganzen Hintergrunde solcher Augen Schnitte mit der Scheere anzufertigen, um gelegentlich Stücke anzutreffen, an denen man ohne Anwendung irgend welcher Reagentien das natürliche Verhalten erkannte, das ein Hineinragen von starken Pigmentfortsätzen in nahezu sämmtliche Zwischenräume der Stäbchen

mindestens bis auf 1/3 ihrer Länge ergibt. Während des Lebens werden also die Zellen niemals cubisch oder nach vorn glatt und bartlos, und wenn sie sich von der Stäbchenschicht leicht trennen, ohne Pigment darin zurückzulassen, so heisst dies nur, dass die Zwischenräume zwischen den Stäbchen weit genug sind, und dass keine solide Verklebung der Fortsätze mit den Aussenflächen der Stäbchen besteht.

Da die in *Müller*'scher Lösung gehärteten Präparate den frischen durchaus entsprachen, glaubten wir die damit hergestellten Objecte für maassgebend halten zu dürfen. Auf dieselben bezieht sich das Folgende, das übrigens nur für vorwiegend centrale Theile der Netzhaut Geltung beansprucht.

A. Dunkelaugen.

1) Beim Dunkelfrosche (Temp. 17° C.), wo die Retina des andern Auges frei von Epithel und Pigment ausschlüpfte, sind die Epithelzellen relativ hoch und es zieht sich das schwarze Pigment darin bis nahe an die Oberfläche des farblosen äusseren Theiles an den Wänden in Gestalt eines Rahmens oder Kranzes in die Höhe. Der vordere, stark pigmentirte, undurchsichtige Theil ist in vielen Fällen schwach sanduhrförmig eingezogen, an der unteren Anschwellung mit so viel stärkeren Fortsätzen versehen, als es Stäbchenzwischenräume davor gibt. Diese sind an der Wurzel zwischen den am weitesten auseinanderstehenden Enden der Stäbchen, von ziemlicher Dicke, von mehrschichtigem Pigment erfüllt. Ihre Fortsetzungen nach vorn werden alsbald feiner und stellen dann nur einfache Reihen dicht aufeinander folgender Pigmentnadeln dar, welche grade bis an den Anfang der Innenglieder reichen, zwischen welchen die Retina bis zur M. limitans ext. pigmentfrei ist.

Nicht ödematöse Curarefrösche zeigen dasselbe.

2) Ein unter den eben genannten Bedingungen genommenes,

aber erst nach einstündigem Liegen im feuchten, dunklen Raume in die *Müller*'sche Lösung gebrachtes Auge zeigte die Pigmentzellen, wie in 1) etwa, während die Fortsätze ein ganz anderes Bild boten. Die meisten Pigmentnadeln fanden sich am mittleren Drittheile der Stäbchen zu stärkeren spindelförmigen Figuren angehäuft, so dass das hintere und das vordere Stück der Aussenglieder nur von sehr feinen Pigmentreihen begleitet wurde. An manchen Stellen reichen diese bis an die M. limit. ext. und sind fast überall zwischen den Innengliedern zu sehen.

3) Die Umstände wie in 1), aber der Frosch ist seit 2 Stunden in Eiswasser gehalten. Die Epithelzellen zeigen nur hie und da schwache Andeutung der Sanduhrform, sind im Uebrigen, wie in 1) und 2), auch reichen die Pigmentnadeln bis an die Wurzel der Aussenglieder. An den vorderen $^{2}/_{3}$ der letzteren liegt das Pigment jedoch ungemein spärlich, reichlich und dicht gepackt in den conischen Ursprüngen der Epithelfortsätze, welche sich zwischen die Enden der Aussenglieder drängen. In den gehärteten Schnitten reissen die Pigmentzellen etwas über den Stäbchen leicht ab, unter Zurücklassung einer dünneren Pigmentdecke auf der Stäbchenschicht. Wenn es erlaubt wäre diese Erscheinung auf eine Consistenzänderung vor der Härtung zu beziehen, so könnte die Ursache des Ausschlüpfens abgekühlter Dunkelnetzhäute mit dem Pigmente in solchem Reissen der Zellenleiber gesucht werden. Wir fanden aber derartig mit dem Pigmente gewonnene Präparate im frischen Zustande mit der ganzen Lage heiler Epithelzellen bedeckt. Wo das Verfahren aber nicht anschlägt, wie es zuweilen vorkommt und bereits erwähnt wurde, fanden wir oft noch so viel zerstreute Pigmentnadeln auf der Stäbchenfläche, dass wir eine geringere Cohäsion wenigstens an den Wurzeln der Fortsätze annehmen möchten.

4) Da das Curareödem dem Haften der Epitheldecke bei in Eiswasser gehaltenen Dunkelfröschen entgegen wirkt, wurden

noch von so behandelten Thieren Präparate angefertigt. Hier rissen am gehärteten Objecte die Zellen noch leichter ab, wie in 3). Die Pigmentschnüre erstreckten sich ebenfalls bis an die Wurzel der Aussenglieder, waren aber bedeutend mächtiger entwickelt oder reicher an Pigment, als in 3), vornehmlich in Höhe des mittleren Drittheiles der Stäbchen.

5) Endlich wurden noch solche Netzhäute betrachtet, bei denen die Stäbchenschicht mit grösster Leichtigkeit vom Epithel abgleitet, nämlich von ödematösen Curarefröschen, welche 2 Stunden bei 30° C. gehalten waren. Die Pigmentzellen, deren Leiber sich bis an die Chorioïdalfläche mit diffus verbreitetem Pigmente gefüllt zeigten, rissen an diesen Schnitten am leichtesten von der Stäbchengrenze ab, der Art, dass eine Anzahl kurzer kegelförmiger Fortsätze an ihnen hängen blieb. Zwischen den Stäbchen stiegen die Reihen der Pigmentnadeln auffälliger Weise ganz tief, bis an die M. limitans hinab, freilich so, dass die Nadeln in langen Zwischenräumen hintereinander lagen und die Stäbchenschicht im Ganzen nur sehr wenig Pigment behielt.

B. Belichtete Augen.

6) Präparate von 1—2 Stunden unter Berieselung besonnten Fröschen zeigten Epithelzellen, deren äusserstes Ende in weitester Ausdehnung pigmentfrei geworden, so dass nur der den Stäbchen aufliegende Antheil dichter davon erfüllt schien. Von hier erstreckten sich kurze, conische, dicht mit Pigment gefüllte Fortsätze um etwa $^1/_8$ der Stäbchenlänge nach vorn, dann kam ein hellerer Saum in den Schnitten zum Vorschein, wo zwischen sämmtlichen Stäbchen in kleinen Abständen aufeinanderfolgende Pigmentnadeln lagen. Dieser Theil der Stäbchenschicht betrug beinahe die Hälfte der ganzen Stäbchenlänge. Nach vorn trat dann das Pigment constant in grösseren Anhäufungen auf, meist so, dass es zwischen je 2 Stäbchen eine spindelförmige Figur

bildete. Zwischen den Innengliedern gab es nur sehr vereinzelte Pigmenttheilchen. Es stimmt dieses Bild augenscheinlich mit der Mehrzahl der früheren Beschreibungen und bildlichen Darstellungen und wir selbst fanden beim Durchmustern älterer Retinapräparate, die wohl meist von belichteten Augen stammten, fast überall die geschilderte merkwürdige Abschichtung des Pigmentes zwischen den Stäbchen.

7) Da die Eisbehandlung bezüglich des Epithelhaftens in gleichem Sinne wirkt, wie Belichtung, waren wir gespannt zu sehen, was die Combination beider Einflüsse zu Wege bringe. Wir fanden die Pigmentzellen wie bei 6, aber von ihrem Körper an mit dicken, ganz mit Pigment erfüllten Fortsätzen versehen, welche die Stäbchen nur etwa $^1/_3$ ihrer Länge nach vorn begleiteten. Der ganze Rest der Stäbchenschicht war merkwürdig frei von Pigment. Zu dem Versuche war übrigens Curare angewendet und ein leichter Grad von Oedem vielleicht im Eiswasser entstanden.

8) Um dem durch das Licht beförderten Haften entgegen zu wirken, wurden ödematöse Curarefrösche 2 Stunden bei 30° C. in der Sonne gehalten. Hier war im Controlauge die Retina sehr gut vom Epithel abzuziehen, aber sie war nicht ganz frei von Pigment in der Stäbchenschicht, von hellgrauer Färbung. Dem entsprach das mikroskopische Bild der Schnitte durchaus, insofern darin sehr feine Pigmentreihen bis zwischen die Innenglieder und an die M. limit. ext. reichten. Der Körper der Epithelzellen war, an den Rändern wenigstens, bis hinten mit Pigment versehen, nach vorn mit pigmentreichen Kegeln, die um mehr als $^1/_3$ einer Stäbchenlänge in die Retina reichten.

9) Längere Zeit roth belichtete Frösche, deren Purpur vollkommen erhalten geblieben, zeigten das überraschendste Bild. Die Epithelzellen waren überall förmlich von Pigment entleert, so dass selbst an der Grenze des Körpers, wo die Stäbchen be-

ginnen, nur mässige Anhäufung bestand. Noch pigmentärmer erwies sich das hintere Drittheil der Stäbchenschicht, wo nur je eine feine Reihe von Pigmentnadeln zwischen den Aussengliedern lag. Fast das ganze Pigment war in Gestalt dicker Säulen zwischen die vorderen Hälften der Stäbchen abgelagert. In der Schicht der Innenglieder wurden nur Spuren von Pigment gefunden, etwas grössere Anhäufungen höchstens um das äusserste Stück der Zapfeninnenglieder gelagert.

Zum Belege des eben Geschilderten sind die verschiedenen Lagerungen des Pigmentes in den beiden äussersten Netzhautschichten auf Taf. VI durch Abbildungen dargestellt. Dieselben wurden nach in Canadabalsam conservirten Präparaten gezeichnet. Bei der Zusammenstellung und Reihefolge der Figuren wurde das gröbere Verhalten berücksichtigt, so dass die beiden oberen Reihen nur solider verbundene, die beiden unteren leicht zu lockernde Schichten darstellen. Von diesen zeigt jede obere im Lichte, jede untere im Dunkeln entstandene Zustände.

Aus den beobachteten Thatsachen geht zunächst wieder mit grösster Evidenz hervor, dass das Epithelpigment unter allen Umständen zwischen die Stäbchen reicht und dass während des Lebens niemals von einer flachen, auch nur capillaren Schichte zwischen Epithel und Stäbchen die Rede sein kann, ferner dass das Pigment durch jede Belichtung, aber auch durch manche andere Umstände veranlasst wird tiefer zwischen die Stäbchen nach vorn zu wandern. Es wird die Aufgabe weiterer Untersuchungen werden, zu entscheiden, ob die Fäden des Epithels immer, wenigstens mit pigmentfreien Fortsätzen, was wahrscheinlich ist, bis zur M. limitans ext. reichen oder nicht. Von Bewegungserscheinungen ist nur eine innerhalb der heutigen thatsächlichen Erkenntniss bewiesen, nämlich die Abschichtung des Pigmentes: wird dasselbe in grösserer Menge zwischen die Stäbchen geschoben, so verarmt der Zellkörper daran, schwindet es

in der Stäbchenschicht, so füllt sich der Leib und das Pigment schreitet selbst über das Kern-Niveau an den Rändern der Zellen bis zur Chorioïdalgrenze nach hinten. Man sieht hieraus, dass es eine Bewegung des Pigmentes innerhalb des Protoplasmas, das es beherbergt, giebt, welche so wenig äussere Gestaltsänderungen des Zellenleibes nöthig macht, wie die Verlagerung eines Zinnober- oder Fettkörnchens innerhalb eines Lymphkörperchens es erfordert. An isolirten Zellen des Retinaepithels sieht man oft so lange pigmentlose feine Fortsätze, dass das Substrat oder die Strasse für die Verschiebung des Pigmentes nicht weit gesucht zu werden braucht. Daneben sind Gestaltsveränderungen der ganzen Zelle freilich nicht unwahrscheinlich, wenn anders aus den unter gewissen Umständen durch Härtung verschieden erhaltenen Gestalten und Dimensionen der Zellkörper etwas geschlossen werden darf. Ausserdem liegt in der Anhäufung starker spindelförmiger Pigmentballen und in der vollständigen Umscheidung der Stäbchen mit Pigment ein starker Grund für diese Annahme, da entsprechende farblose Verdickungen und röhrenförmige Protoplasmascheiden für die Stäbchen an den Epithelfortsätzen nie gesehen sind und freies Pigment, das vom Protoplasma ausgestossen worden, nicht anzunehmen ist, schon weil man nicht wüsste, wie es wieder von der Stelle käme, ohne in seine Ursprungsstätte zurückzugehen.

Es bedarf der Erwähnung kaum, dass die Annahme neuer Ausstülpungen aus dem Protoplasma nicht zum Leugnen unter allen Umständen vorhandener und bis zu den Wurzeln der Stäbchen reichender Fortsätze nöthigt.

Ohne weitere planmässige Untersuchungen wollen wir keine der Vermuthungen äussern, zu denen die Aehnlichkeit der Effecte, welche Licht und Dunkelheit einerseits, ganz anders geartete Einflüsse andrerseits hervorbringen, Anlass geben.

Bezüglich des Haftens und der Lockerung des Pigmentepithels

von den Stäbchen ergeben die Beobachtungen, dass die Ursachen in mehreren Umständen zu suchen sind: in der Schwellung der Stäbchen, in der Einpressung breiter Pigmentmassen tief zwischen die Stäbchen, in der Verklebung der Pigmentschnüre mit den Aussenflächen der Stäbchen, welche bemerkenswerther Weise durch Oedem zu lockern, durch Abnahme des intraocularen Druckes und durch Abkühlen zu steigern ist, und in der Cohäsion des Protoplasmas.

IV. Zur Chemie des Sehpurpurs.

Um für die Netzhautfarbe andere Lösungsmittel, als die Galle und die Cholate zu finden, haben wir eine grössere Anzahl von Reactionen mit der Retina vorgenommen, die wir jetzt, da der erwartete Erfolg, wie früher erwähnt wurde, ausgeblieben, als erste Erfahrungen zur Chemie des Sehpurpurs zusammenstellen. Des Zweckes wegen war hier anfangs die unbefriedigende Arbeit des Probirens unvermeidlich und wenn die folgende Darstellung dies wird erkennen lassen, so hoffen wir, dass es in dem Maasse weniger bemerkt wird, als sie an Thatsachen reicher wird, welche auch in der Untersuchung planmässigeres Vorgehen gestatteten.

Die Entdeckung des Sehpurpurs, oder der Substanz, welche die Netzhautfarbe bedingt, war aus der Ueberlegung hervorgegangen, dass das Substrat des Farbstoffs in den Stäbchen ähnliche chemische Zusammensetzung, wie das Nervenmark besitze und daher in Mitteln, welche dieses auflösen, löslich sein müsse (vergl. Heft 1, S. 41). Die Unmöglichkeit den Purpur mit Wasser, auch durch Gefrieren und Aufthauen, mit Salzlösungen, mit Ammoniak, kurz auf solche Weise zu extrahiren, wie man leicht lösliche Farbstoffe aus Geweben zu gewinnen pflegt, hatte ihn ausserdem selbst in die Reihe der Substanzen

gestellt, welche ähnlich denen seines Substrates oder des Nervenmarkes und mancher Baustoffe des Zellenleibes milderen Mitteln unzugänglich sind. So waren Hoffnungen nur auf Reagentien zu setzen, welche entweder auffällige Veränderungen an thierischen Geweben erzeugen, oder auf solche, welche schon an resistenteren Farbstoffen erprobt waren. Dass die Galle sowohl Stäbchen wie Blutkörperchen auflöst, ist vielleicht in dem Gehalte beider an Lecithin und an anderen dem sog. Myelin zugerechneten Stoffen begründet, schliesst aber keineswegs die Nothwendigkeit ein, dass der Sehpurpur dabei in Lösung gehe, wie das Hämoglobin, denn dieses ist auch in Wasser löslich und bedarf nach dem Zerfliessen seines Substrates keines besonderen Mittels mehr, wie jener, um auch gelöst zu werden. Die Möglichkeit Blutkörperchen auf so viele Weisen das Hämoglobin entziehen zu können, welche für den Sehpurpur nicht anschlagen, macht aus dem ausnahmsweise übereinstimmenden Erfolge mit Galle vielmehr einen Grund, den Purpur selbst für unlöslich in Wasser oder in wässrigen Gewebsäften, dagegen für löslich in dem sonderbarsten aller derartigen Mittel, das sich in der Galle findet, zu halten. Es ist deshalb ganz falsch, den Anfang des Weges, der zur Darstellung des Sehpurpurs führte, in dem lange bekannten Factum, dass Galle Blutkörperchen auflöst, erblicken zu wollen, denn diese Spur, die schon wegen der colossalen histogenetischen Differenz zwischen Blut- und Sinneszellen wenig einladen konnte, verdiente vollends nur nebenher berücksichtigt zu werden, als man sah, dass mit Ausnahme der Galle kein Hämoglobin lösendes Mittel für den Sehpurpur zu brauchen war. Unsere Beobachtung, dass Galle auch Nervenmark, Axencylinder und Cerebrin löst, was bis dahin Niemand wusste, war die Veranlassung, sie auf die Stäbchen und den Purpur anzuwenden und diese Erfahrung scheint, nachdem die Auflösung des letzteren geglückt und derselbe in die genannte Reihe eingerückt ist,

auch den Schlüssel zu manchen Eigenthümlichkeiten des Sehpurpurs sowohl, wie zu einigen seltsamen Lösungsphänomenen zu bieten, welche an thierischen Geweben, die in Galle lösliche Stoffe enthalten, bekannt sind.

In dieser Hinsicht sind allerdings die Blutkörperchen gegenwärtig von Interesse, und wir erinnerten uns darum zunächst noch des einen Mittels, das es ausser der Galle gab, welches sie in sehr eigenthümlicher Weise zerklüftet und zerfliessen macht. Concentrirte Harnstofflösungen, welche nach *Bischoff*'s bekannten Beobachtungen diese merkwürdige Wirkung haben, an den Stäbchen zu versuchen lag darum nahe und wir glaubten sie um so mehr darin löslich zu finden, als bereits einmal gelöster Sehpurpur im Auge eines (freilich gefaulten) Rochen (Heft 1, S. 37), dessen Gewebe sich durch reichlichen Harnstoffgehalt auszeichnen, angetroffen war. Versuche mit gesättigten Harnstofflösungen unter Zusatz überschüssiger Krystalle an der Froschretina ergaben ein Verhalten der Stäbchen, das insofern den Erwartungen entsprach, als dieselben stark quollen und zu einer eigenthümlichen durchsichtigen Masse verklebten, aber ein gefärbtes Filtrat davon zu erhalten gelang nicht, obwohl sie mehrere Tage im Dunkeln purpurn blieb und auch Flüssigkeit durch das Filter tropfte. Ebenso erfolglos war Behandlung mit verdünnter Harnstofflösung. Die unten zu berichtenden Erwärmungsversuche werden zeigen, dass Temperaturen, welche nach *M. Schultze*'s Beobachtungen Blutkörperchen unter Tropfenbildungen zerfliessen machen, ähnlich wie der Harnstoff, bei den Stäbchen keine Abgabe des Purpurs veranlassen.

Zum Entfernen von Farbstoffen hat die Galle den künstlichen Waschmitteln weichen müssen; es ist aber bekannt, dass sie noch heute neben den fettsauren Alkalien Anwendung findet und hinsichtlich des Sehpurpurs zeigt sie sich den Seifen durchaus überlegen, denn es hat uns nicht gelingen wollen, diesen mit ölsaurem

Natron in Lösung zu bringen; die trübe Auflösung käuflicher Talgseife entfärbte Froschretinae in 24 Stunden, ohne vorher Purpur auszuziehen.

Da kohlensaures Alkali und NH_3 ohne Wirkung sind und ätzende Alkalien die Netzhaut bleichen, waren unter den alkalischen Mitteln Baryt und Kalk an der Reihe. Beide entfärben die Netzhaut schnell, sowohl das sehr verdünnte Kalkwasser, wie stark verdünnte Lösungen des Bariumhydroxyds. Käufliches Tetramethylammoniumhydroxyd, das an Stelle des Neurins zum Auflösen diphteritischer Membranen empfohlen wird, entfärbte Netzhäute ebenfalls in kurzer Zeit, ebenso Coniin; in beiden zergingen sie zu einer durchsichtigen, schleimigen Masse. Mit Coniin vergiftete Frösche zeigten übrigens keine Veränderungen der Retina. Fast farbloses reinstes Anilin, auf getrocknete Retinae gebracht, machte dieselben sehr durchsichtig und nahm allmählich eine röthliche Farbe an, wie immer, wenn es verunreinigt wird; da dieselbe im Lichte zunahm, war an bemerkbare Auflösung des Sehpurpurs nicht zu denken. Die mit Kalk- oder Barytwasser entfärbten Retinae werden durch verdünnte, Sehpurpur an sich nicht ändernde Säuren nicht wieder farbig.

Als Lösungsmittel wurden ferner probirt: Chloralhydrat in 10procentiger Lösung, concentrirte Milchsäure, Oelsäure, Monochloressigsäure, an getrockneten Netzhäuten: Chloroform, Kohlenstofftetrachlorid, Kohlenstoffdichlorid, Schwefelkohlenstoff, Terpenthin, Canadabalsam, Aceton, Aldehyd, Bittermandelöl, Essigäther, Senföl, Bergamotöl und mit keinem der Zweck erreicht. Der Purpur zeigte sich dabei haltbar in den Chlorkohlenstoffen, Schwefelkohlenstoff, Oelsäure, Canadabalsam, Bergamotöl, nicht in den übrigen Mitteln. Chloroform vernichtete die Farbe der trocknen Netzhäute zuweilen schon in einigen Stunden, in andern Fällen erst nach 1—2 Tagen, Terpenthinöl immer erst nach Ablauf von 1—2 Tagen.

Indifferent erwiesen sich ausserdem: Kohlensäure, Kohlenoxyd, Borsäure, Cyanwasserstoff, selbst in starker Lösung, Cyankalium in fast gesättigter Lösung, Arsenige Säure, Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium, Unterschwefligsaures und Schwefligsaures Natrium, Salpetrigsaures Natrium, Eisen- und Zinkvitriol, Eisenchlorid, Wasserstoffsuperoxyd, Ozon, Santonsäure und Santonsaures Natrium, frisch bereitete Lösung von Phosphor in Mandelöl. In Santonsäure quoll die Froschnetzhaut zu einer glasigen Masse auf, die im Dunkeln wochenlang prächtig purpurfarben blieb und im Lichte sehr schnell farblos wurde. Mit Santonin oder mit Natriumsantonat vergiftete Kaninchen und Frösche zeigten bezüglich der Retinafarbe und deren Verhalten gegen Licht nichts Auffälliges.

Unter diesen Angaben werden die über Unwirksamkeit energischer Oxydationsmittel besonders auffallen. Wir waren darauf durch die älteren Erfahrungen über Erhaltung des Sehpurpurs in Osmiumsäure und in Kaliumpermanganat zwar vorbereitet, dass aber das Ozon über den Sehpurpur nichts vermöge, war uns so überraschend, dass wir den Oxydationsversuchen ganz besondere Sorgfalt zuwendeten. Zunächst müssen wir für die Nachuntersuchung bemerken, dass man bei der OsO_4 und dem Permanganat leicht zu einer gegentheiligen Meinung kommt, weil hier dunkle Reductionsproducte den Stäbchenpurpur verdecken und weil das Permanganat reducirt freies Alkali liefert, das den Sehpurpur zerstört. Dasselbe ist daher nur in verdünnter Lösung zugleich mit etwa 2procentiger Essigsäure anzuwenden, welche das Alkali neutralisirt und die Ausscheidung reducirter Manganverbindungen einschränkt. Ganz wird die Bräunung damit auch anfangs nicht verhindert, und es verdient bemerkt zu werden, dass dieselbe an der Stäbchenseite immer kräftiger, als an der vorderen auftritt. So lange die Stäbchen jedoch nicht ganz tief gebräunt sind, ist der Farbenunterschied

belichtet oder purpurhaltig in dieselbe Mischung gelegter Netzhäute sehr auffällig. Verschiedenheiten im Gange der Reduction und in dem Fortschreiten der Bräunung waren an solchen Präparaten nicht zu bemerken. Für das Verhalten der Stäbchen zu Osmiumsäure, wo ausserdem die Zeit, innerhalb welcher die vergleichende Beobachtung wegen der schnell erfolgenden Schwärzung möglich ist, bedeutend kürzer sein muss, gilt es dem gleichen Bedenken, wie bei dem vorgenannten Mittel zu begegnen, und da ist besonders der Gebrauch sehr verdünnter Lösungen anzurathen und die absolute Menge der Säure zu beachten, die in keinem Falle erheblich sein darf. Ob die Mittel nach längerer Wirkung den Sehpurpur zerstören, ist nicht zu entscheiden, doch möchten wir es für die OsO_4 annehmen, weil viele Stäbchen darin nur so hell olivenfarben werden, dass der Purpur entweder sichtbar bleiben müsste, wenn er neben dieser Farbe vorhanden wäre, oder die helle, ohne Frage grünliche Farbe als Complementär überhaupt nicht zulassen könnte.

In Wasserstoffsuperoxyd, das aus reinem Baryumhyperoxydhydrat mit SH_2O_4 dargestellt worden, sahen wir die Retina sich stark mit Sauerstoffbläschen, die sie alsbald an die Oberfläche hoben, bedecken, ohne dass nach längerer Einwirkung grosser Mengen die Farbe irgend welche Veränderung erlitt. War die Lösung alkalisch und trübe, so schwand der Sehpurpur unter dem Einflusse des Baryts bald, während die saure Lösung erst bei beträchtlicher Intensität der Lakmusreaction schnellere Bleichung erzeugte.

Der Einfluss des Ozons wurde so untersucht, dass wir die Froschretina direkt in das Abzugsrohr des *Siemens*'schen Ozonisators legten und dieses mit dem ganzen Apparate etwas nach abwärts geneigt mit der Mündung in ein kleines Röhrchen senkten, welches einige Tropfen gelösten Sehpurpurs enthielt. Der Ozonisator war mit einem Inductorium mittlerer Grösse, dieses mit einer 6gliedrigen grossen *Bunsen*'schen Chromsäurekette ver-

bunden, und durch den Apparat strömte reiner Sauerstoff mit geeigneter Geschwindigkeit. Durch ein Versehen wurden die Zink-Kohlenelemente beim ersten Versuche ganz eingetaucht, so dass ein gewaltiger Strom in Anwendung kam, der die meisten Apparate unbrauchbar gemacht hätte. Da der unserige es aushielt und nach wiederholten Versuchen keinen Schaden nahm, haben wir den Glücksfall benutzt und jeder Zeit den Vortheil gehabt, eine so kräftige Ozonisirung des Gasstromes zu erreichen, dass der Aufenthalt vor dem Apparat fast unerträglich wurde. Unter diesen Umständen sahen wir zu unserem Erstaunen, dass sich die Farbe der Retina nach stundenlangem Ueberleiten des Gases gar nicht änderte und dass sich die davon beständig zerpeitschte Purpurlösung ebensowenig verändert zeigte, wenn man die winzige Menge zur Ruhe kommen und am Boden des Röhrchens wieder zusammenlaufen liess. Da die Objecte alkalisch reagirten, so dass das Ozon Superoxyde bilden konnte, wurden mit 1—2proc. Essig- oder Milchsäure gründlich gesäuerte Netzhäute und bis zum Entstehen geringer Ausscheidungen freier Gallensäuren angesäuerte Purpurlösungen dem Ozon ausgesetzt, aber diese zeigten sich darin ebensowenig veränderlich.

Nach den Angaben von *v. Gorup-Besanez*, welche an manchen oxydablen Körpern Ozonwirkung nur in Gegenwart von Alkali zugeben, haben wir nicht versäumt den Versuch noch unter Zusatz von Sodalösung oder von NH_3 zu beiden Präparaten auszuführen, doch auch das erhielt den Sehpurpur unversehrt. Um uns zu überzeugen, dass sich kein Fehler in den Versuch geschlichen habe, setzten wir Tröpfchen Indigolösung in das Rohr und bedeckten das Purpurröhrchen mit einer locker schliessenden Kautschukkappe; der Indigo wurde schliesslich entfärbt und der Kautschuk brüchig, wie schlechte Guttapercha, wo der Sehpurpur unangetastet blieb. Nach dem Versuche waren die Präparate so lichtempfindlich wie gewöhnlich.

Dieser Unempfindlichkeit gegen activen Sauerstoff steht die leichte Zerstörbarkeit des Sehpurpurs gegenüber: durch Chlor, salpetrige Säure und unterchlorigsaure Salze, welche schon in Spuren die Netzhaut und deren Galleextract unwiderbringlich bleichen. Unterschwefligsaures und schwefligsaures Natron, die an sich die Farbe erhalten, färben solche Präparate nicht wieder. Wie Brom und Jod auf den Purpur wirken, ist schwer zu entscheiden, weil deren verdünnte (nicht alkoholische) Lösungen oder die Dämpfe die Netzhaut stark gelb färben; Bromwasser scheint indess ziemlich langsam zu wirken; Salpetrigsaures Alkali ändert den Sehpurpur nicht.

Welche Stoffe die Netzhaut entfärben, wurde z. Th. schon gelegentlich angegeben. Ausser vom Methylalkohol fanden wir es auch vom Amylalkohol und für den ersteren constatirten wir, dass er im völlig wasserfreien Zustande gänzlich getrocknete Netzhäute fast augenblicklich bleicht.

Entfärbt oder verfärbt wird Sehpurpur an seinem natürlichen Platze oder in der Cholatlösung von: Chlorzink, Platinchlorid, Goldchlorid, Sublimat, salpetersaurem Silber, den meisten Säuren, von Salicylsäure, Thymol, Furfurol. Wir haben die letzten 3 Körper in der Absicht berücksichtigt, die Purpur-Cholat-Lösung gegen Fäulniss zu schützen. Von der Salicylsäure wurde früher schon berichtet, dass sie in schwacher wässriger Lösung schon gefährlich sei, wenn nicht reichlich andere organische Stoffe zugegen sind; Thymol zu $^1/_2$ pCt. in Galle von 5 pCt. gelöst macht die Netzhaut in wenigen Minuten hellgelb, ebenso eine ziemlich verdünnte Lösung von Furfurol in Wasser.

Unter den Säuren haben wir besonders die Salzsäure genauer behandelt. In HCl von 5 pCt. wurde die Netzhaut in 15 Min. blassgelb, während sie in der Säure von 0,5 pCt. noch nach 30 Min. blassroth erschien. HCl von 0,1 pCt. lässt die Stäbchenschicht nach 30 Min. gequollen und hell lackfarben roth erscheinen,

nach 60 Min blasser, nach 15 Stunden lichtgelb, nach 24 Stunden farblos. Neutralisiren oder Uebersättigen mit NH_3 oder Soda bringt die geschwundene Farbe nirgends zurück. Sehr kleine Mengen concentrirterer Säuren wirken wie grössere Volumina verdünnter. Aehnliches gilt für Essigsäure und Oxalsäure; eine Lösung der letzteren von 2,5 pCt. färbte die Netzhaut sofort gelb, während Essigsäure von gleicher Concentration nach 24 Stunden noch rothe Farbe erhalten hatte. Ganz concentrirte Milchsäure färbte die Retina sofort orangegelb, wobei die Stäbchen sich stark gequollen, um das 4fache verlängert und etwas verdickt zeigten. Milchsäure von 1 pCt. trübte die Retina bedeutend, änderte aber die Farbe so wenig, wie Essigsäure von gleicher Concentration.

Nach Einwirkung der meisten verdünnten Säuren heben sich die Stäbchen häufig in zusammenhängender Schicht von der Retina ab.

Schweflige Säure in so verdünnter wässriger Lösung, dass dieselbe kaum roch, entfärbte eine Netzhaut in 15 Min., in gerade deutlich riechender Concentration sofort und eine über diese Lösung in die abdunstende SO_2 gehaltene Netzhaut wurde in 2 Minuten farblos.

Zum Beweise, dass es nicht SH_2O_4 war, die sich in dem schwefligsauren Wasser gebildet und gewirkt haben konnte, wurde festgestellt, dass Kochen die Lösungen unwirksam machte. Eine in äusserst verdünnte, erst nach 15 Min. im Dunkeln bleichend wirkende SO_2 2—3 Min. eingelegte Retina wurde im Lichte so schnell entfärbt, wie immer. Nach der Bleichung in schwefliger Säure kehrte die Netzhautfarbe weder durch Soda noch durch Kaliumpermanganat, Wasserstoffsuperoxyd oder Ozon wieder.

Die Entfärbung des Sehpurpurs durch chemische Einflüsse geschieht in vielen Fällen nicht plötzlich und geht dann, wie die durch Licht, erst durch eine rothe, orange, gelbe oder chamois

Nuance zum Weiss. In manchen Fällen handelt es sich da ohne Frage um eine der Lichtwirkung analoge Zersetzung, so dass aus der Natur des zersetzenden Reagens Schlüsse auf den Process der natürlichen Bleichung möglich werden. Andererseits tritt aber die Zerstörung des Purpurs auch unter Bildung gelber Stoffe auf, die mit dem Sehgelb nicht zusammenzustellen sind. Wenn eine Retina in Jod und Brom gelb wird, bezweifelt dies Niemand, weil sich nicht nur gebleichte Netzhäute, sondern auch viele andere Gewebe ebenso verhalten; um etwas Aehnliches scheint es sich bei dem Gelbwerden der Netzhäute in Platinchlorid zu handeln, aber verdünnte Lösungen des Salzes schienen uns doch purpurhaltige Netzhäute auffälliger gelb und dann für das Licht sehr dauerhaft zu färben, als gebleichte. Goldchlorid liess solche Unterschiede kaum erkennen, noch weniger Salpetersaures Silber von 1 pCt., das eine graue Farbe erzeugte. Sublimat in ziemlich concentrirter Lösung färbt nur die ungebleichte Netzhaut hell gelblichrosa, welche Farbe nach längerer Einwirkung ausserordentlich lichtbeständig ist und darum besonders beim Frosche zum Fixiren von Optogrammen dienen kann.

Das Sehgelb.

In dem Abschnitte über Fluorescenz der Retina haben wir schon eines Falles gedacht, wo der Purpur durch die chemische Wirkung des Chlorzinks, ohne Licht, in eine gelbe, nicht mehr fluorescirende Farbe übergeht, welche dem Lichte länger widersteht und nur an der Sonne allmählich farblos wird, unter Annahme der für belichteten Purpur charakteristischen Fluorescenz. Unsere Auffassung der dort mitgetheilten Thatsachen hat in weiteren Beobachtungen Bestätigung gefunden, insofern wir jetzt auch zeigen können, wie umgekehrt, ohne chemische Hülfe, nur durch Licht aus dem Purpur nach Belieben erst ausschliesslich Sehgelb und aus diesem Sehweiss zu erzeugen ist.

Im Allgemeinen ist das durch Reagentien in der Netzhaut — ohne Licht — erzeugte Gelb in erstaunlichem Grade weniger lichtempfindlich als das im ersten Stadium der Belichtung auftretende, während die unter den nämlichen Einflüssen in der Lösung des Purpurs erzeugte Gelbfärbung oft schon durch das Reagens schnell weiter verändert und gänzlich aufgehoben wird, oder sonst der Sonne leicht weicht. Es sind hier folgende Thatsachen zunächst zu beachten und zu unterscheiden:

1) Viele Reagentien, die an sich den Purpur erst nach längerer Zeit oder gar nicht angreifen, ändern die Retina der Art, dass Belichtung zwar noch Sehgelb in der normalen Zeit erzeugt, dass aber dieses nun äusserst langsam farblos wird. 2) In Purpurlösungen tritt diess so wenig ein, wie in Auflösungen von Sehgelb, welche aus Netzhäuten, die im Lichte bis zum Gelb ausgebleicht worden, mit Galle herzustellen sind, wohl aber wiederum, wenn der Farbstoff in Niederschläge übergeht. Die Erscheinung wird an den Lösungen am zweckmässigsten mittelst passend verdünnter Säure, an der Netzhaut auf dieselbe Weise oder durch concentrirte Salzlösungen hergestellt. 3) Gibt es Netzhäute, welche ohne alle chemische Behandlung ein indolenteres Sehgelb durch Belichtung liefern. Unter diesen sind 2 Fälle zu unterscheiden: entweder ist die Retina von vornherein nicht normal, was sich bei Dunkelfröschen an der im ersten Augenblicke, nach dem Herausholen schon vorhandenen brandrothen Färbung zeigt, oder sie hat die normale Purpurfarbe und zeigt das resistente Sehgelb dann im Gange der Lichtbleiche. Das erstere haben wir bis jetzt nur bei Fröschen und wenige Male bei albinotischen, lange im Dunkeln gehaltenen Kaninchen beobachtet. Unter den mehr als 8000 Froschnetzhäuten, die wir bis heute verarbeiteten, dürfte die Thatsache vielleicht 20—30 mal von uns gesehen sein. Viel häufiger ist das letztere, bei Fröschen jedoch selten so, dass das Gelb der Sonne länger als 2—3 Stunden widersteht; am auf-

fälligsten sahen wir es einige Male an der Retina des Aals, der Eule und des Igels, wo die Netzhaut erst am dritten Sonnentage ganz farblos wurde. An keiner darauf untersuchten Membran dieses Verhaltens wurden andere Abnormitäten gesehen, namentlich keine im frischen Zustande schon vorhandene oder ungewöhnlich schnell auftretende Trübung der Gewebe.

Ein Umstand, welcher fast regelmässig die Entstehung haltbareren Sehgelbs begünstigt, ist das Absterben, so dass heute, wo die Retinafarbe allgemeiner beachtet und Dunkelaugen häufiger untersucht werden, die meisten Beobachter kaum begreifen werden, weshalb man nicht wenigstens die gelbe Retina früher gekannt habe. Man kann die Netzhäute der Säuger an vom Schlächter bezogenen und nicht mehr ganz frischen Augen häufig ganz unbedenklich im Tageslichte präpariren, ja die Augen vorher gegen das Licht gewendet liegen lassen, ohne befürchten zu müssen, ganz farblose Membranen zu erhalten, denn wenn dieselben auch keinen Purpur mehr zeigen, so sind sie doch zum Untersuchen des Sehgelb noch ganz geeignet. Die Leichenprocesse, auf die es dabei ankommt, verlaufen auch in der isolirten Retina, die man deshalb nur im feuchten Raume dunkel aufzuheben braucht, wenn man darin später das indolente Sehgelb durch Licht erzeugen will.

Aus diesen und den folgenden Erfahrungen meinen wir schliessen zu müssen, dass das Sehgelb unter Umständen an andere Dinge gebunden oder fixirt werde, und daher die Lichtempfindlichkeit zum Theil oder ganz verliere. Die Stoffe, auf welche es sich fixirt, dürften sehr verschieden sein und sind einstweilen nicht zu bezeichnen. Sehr unwahrscheinlich ist es uns aber, dass freies Sehgelb indolent werde, da die Erscheinung, wie schon hervorgehoben, niemals an seiner Lösung zu bemerken ist. Das Sehgelb würde demnach in viel vollkommenerer Weise als der Sehpurpur durch Verbindung mit anderen Stoffen halt-

bar zu machen sein, und unsere jetzt fast einjährigen Erfahrungen über das Fixiren von Optogrammen (vergl. S. 86) zeigen denn auch, dass es auf die Dauer nicht gelingt, purpurne Bilder im Lichte aufzubewahren, während die daraus sich entwickelnden gelben Zeichnungen, wenigstens auf der Ochsenretina, unverwüstlich scheinen, so lange sie trocken bleiben.

Da die Netzhaut in höheren Temperaturen schneller abstirbt, als in niederen und das Sehgelb in abgestorbenen Stäbchen indolenter ist, als in frischen, so wird der Gang der Ausbleichung durch Licht innerhalb gewisser Grenzen auch von der Temperatur abhängig sein und wir haben, als wir darüber experimentirten, in der That das wenig plausible Resultat zu erzielen vermocht, dass auf Eis gehaltene Netzhäute in den wirksamen Farben des Spectrums schneller farblos wurden, als auf 30° C. erwärmte. So lange es sich um das erste Stadium der Wandlung des Purpurs zu Gelb handelte, verhielten sich die Netzhäute dabei freilich entweder gleich oder auch umgekehrt, wenn man aber den Effekt aus der vollkommenen Ausbleichung entnehmen wollte, so zeigten sich die kalten zuweilen gegen alle Erwartung lichtempfindlicher. Um die Thatsache zu finden, muss man freilich längere Zeit vor der Belichtung mit dem Erwärmen anfangen; wir theilen den Versuch vornehmlich deshalb mit, weil die Bekanntschaft damit Anderen bei lange dauernden Spectralversuchen, die vorzugsweise im warmen Sommer angestellt werden dürften, Irrthümer ersparen kann.

Um eine Retina mit indolentem Sehgelb zu versehen, fanden wir es zweckmässig, sie 24—48 Stunden über die Aussenfläche zusammengeklappt in dem Lymphsacke eines lebenden Frosches verweilen und absterben zu lassen und darauf kurze Zeit zu besonnen. Auf diese Weise ist es uns wiederholt gelungen, an der gelben Membran die Fluorescenz im Focus der ultravioletten Strahlen des Sonnenlichtes auf der Hinterfläche so gut wie voll-

kommen aufgehoben zu finden, und dieselbe nach gehöriger weiterer Belichtung, als das Sehgelb endlich schwand, mit weisslich grüner Farbe und viel stärker zum Vorschein kommen zu sehen, als sie vor der ersten Belichtung an den noch purpurnen Stäbchen war. Die zweite Methode nur Sehgelb ohne Sehweiss durch Licht zu erzeugen, bestand in der Belichtung vollkommen getrockneter Netzhäute. Die Retinae wurden dazu auf Plättchen von Thon oder mattem Porzellan mit der Stäbchenseite nach oben ausgebreitet, über SH_2O_4 im continuirlichen Vacuum getrocknet, dann im Exsiccator, der mit einer durchsichtigen Platte luftdicht geschlossen war, so lange der Sonne exponirt, bis die Netzhautfarbe tiefgelb geworden. In diesem Zustande war die Fluorescenz wieder fast vollkommen erloschen und kam auch nicht zum Vorscheine, wenn das Präparat wieder gründlich befeuchtet wurde. Benetzt und weiter belichtet zeigte es dann das grünliche Leuchten im Ueberviolet und dies wurde in dem Grade deutlicher, als das Gelb abblasste oder verschwand. Da im Trockenraume befindliche Retinae ebenso wie der im Vacuum erhaltene Rückstand von Purpurlösungen im direkten Sonnenlichte ungemein lange tief gelb bleiben, so dass wir schon vermutheten das Sehgelb werde ohne Gegenwart von H_2O überhaupt nicht weiter zersetzt, betrachteten wir auch solche gründlich besonnte Präparate im überviolетten Lichte. An diesen war jedoch die grünlichweisse Fluorescenz sehr deutlich, also offenbar schon Sehweiss neben dem Sehgelb gebildet, und später überzeugten wir uns auch, dass die gelben Froschretinae im Exsiccator nach zweitägiger Besonnung völlig entfärbt wurden.

Indem wir nach den vorliegenden Beobachtungen unsere Auffassung von der Bleichungsweise des schwach bläulichweiss fluorescirenden Sehpurpurs durch das gar nicht fluorescirende Sehgelb zum kräftig und grünlichweiss fluorescirenden Sehweiss für gesichert hielten, haben wir den Versuch gemacht, mittelst

des Verhaltens im Ueberviolet zu entscheiden, welche chemischen Einflüsse gleich dem Lichte wirken, ob also diejenigen Reagentien, welche die Retina gelb färben, wirkliches Sehgelb erzeugen, die sie total bleichenden, Sehweiss?

Eine Dunkelretina, welche mit einem Tropfen Alkohol entfärbt worden, zeigte gar keine Fluorescenz; nachträglich belichtet ebensowenig. Eine nach der Belichtung mit Alkohol behandelte Retina fluorescirte dagegen kräftig weisslichgrün. Hiernach wirkt Alkohol auf den Sehpurpur anders, als Licht, erzeugt kein Sehweiss, scheint aber einmal durch Licht gebildetes nicht zu zerstören.

Retinae, die in einer Spur 15procentiger Essigsäure gelb geworden, waren frei von Fluorescenz, zeigten später belichtet, aber bei noch hellgelber Eigenfarbe, schwache weissliche Fluorescenz ohne erkennbares Grün. Vorher gebleichte Netzhäute in derselben Weise mit Essigsäure behandelt, fluorescirten weisslichgrün und kräftig. Das Verhalten ist also ähnlich, wie beim Chlorzink (S. 182). Eine über SH_2O_4 im Dunkeln getrocknete Netzhaut, $^1/_2$ Stunde mit einer Spur Essigsäure von 30 pCt. bis zum Orange verändert, fluorescirte sehr schwach bläulich, wie wenn noch Sehpurpur neben dem Sehgelb vorhanden war; darauf in $^1/_4$ Stunde an der Sonne citronengelb geworden, hatte sich ihre Fluorescenz kaum geändert; als sie aber durch weiteres 2stündiges Besonnen sehr blassgelb geworden war, fluorescirte sie sehr lebhaft grünlichweiss. Der gelbe Körper, der anfangs aus Sehpurpur durch Essigsäure entsteht, scheint also Sehgelb zu sein.

Durchaus anders, als die obengenannten Mittel, wirkte freies Alkali auf die Netzhaut, denn als wir Dunkelretinae in Kalilauge von 1 pCt. entfärbt hatten, fanden wir weder die gequollenen Membranen, noch die kleine Menge der Lösung fluorescirend. Netzhäute, welche nach der Lichtbleiche in die Lauge gelegt

worden, verhielten sich ebenso, aber die Kalilösung zeigte eine Spur bläulichweissen Leuchtens im Ueberviolet.

Mit Platinchlorid gelb gewordene Froschretinae schienen alle Fluorescenz eingebüsst zu haben und nahmen das Vermögen dazu auch durch Belichtung nicht an. Vorher belichtete, dann mit Platinchlorid behandelte Netzhäute fluorescirten ebensowenig. Dunkelretinae, welche in Sublimat die oben erwähnte sehr lichtbeständige gelbliche Rosafarbe angenommen hatten, zeigten weder vor aller Belichtung, noch nach stundenlanger Besonnung irgend welche bemerkliche Fluorescenz, während gebleichte und darauf in Sublimat gelegte Netzhäute sehr schwach weisslich fluorescirten; doch wurde in einigen Versuchen die letztere Erscheinung auch vermisst.

In Wasser von 70° C. unter Lichtschutz bis zur Entfärbung erhitzte Froschnetzhäute erschienen im Ueberviolet ganz dunkel, während eine vollkommen getrocknete und im geschlossenen Röhrchen über wasserfreier Phosphorsäure auf 100° C. erhitzte und dabei gelb gewordene Netzhaut schwach weisslichgrün fluorescirte. Belichtung verstärkte dies Verhalten nicht.

Nach diesen ersten jedenfalls noch stark zu vermehrenden Erfahrungen, die wir mitzutheilen uns nur entschliessen, weil Aussichten auf Fortsetzung einstweilen durch die lichtschwache Jahreszeit genommen sind, lässt sich schon absehen, dass es manche Reagentien gibt, welche, wie das Licht, Sehgelb aus dem Purpur erzeugen, so die Essigsäure, das Chlorzink, Sublimat; dagegen wurde ausser dem Lichte kein Mittel zur Herstellung des Sehweiss oder zum vollkommenen Entfärben gefunden, das die starke und charakteristisch weisslichgrüne Fluorescenz auf gewöhnlichem Wege gebleichter Netzhäute entwickelte.

Sublimat (vielleicht auch Platinchlorid) scheint das Mittel zu sein, um das Sehgelb in die für Licht nahezu unveränderliche Verbindung überzuführen.

Für die Untersuchung des Sehweiss dürfte die Thatsache, dass Alkohol die Fluorescenz gebleichten Purpurs erhält, einigen Nutzen versprechen.

Enthält der Sehpurpur Eisen?

Bei thierischen Farbstoffen pflegt aus naheliegenden Rücksichten gegen das Blutroth die Frage nach dem Gehalte an Eisen aufgeworfen zu werden. Wir glauben annehmen zu dürfen, dass der Sehpurpur kein Eisen enthält, thun es aber aus Gründen, deren Berechtigung Jeder einsieht, unter starker Reserve. Wir sammelten einige gut ausgeschlüpfte Netzhäute von Dunkelfröschen und wählten darunter diejenigen aus, welche bei der Präparation der Hyaloïdea beraubt waren, oder deren Gefässe in der genannten Membran keine Blutkörperchen enthielten, was sich durch mikroskopische Betrachtung der Vorderfläche leicht feststellen liess. Ein gutes Mittel die Hyaloïdea mit dem Glaskörper abschlüpfen zu lassen, ohne auf den günstigen Zufall rechnen oder Zupfen und Schaben anwenden zu müssen, fand sich in den cadaverösen Veränderungen, welche das Auge in einigen Tagen erleidet, und da die Netzhäute dann wieder vom Epithel gelockert waren, haben wir auch solche für den vorliegenden Zweck verwendet.

Die Membranen wurden nach- und übereinander auf einem Häkchen von feinem Platindraht angetrocknet und, wenn 6—8 beisammen waren, durch Annähern an die Flamme langsam verkohlt und sehr vorsichtig verascht, was ohne Verlust zu bewerkstelligen war. Wurde das mit der Asche beladene Platinöhr in einige Tropfen nicht zu concentrirter, mit etwas Rhodankalium versetzter Salzsäure gehalten, so war es unmöglich, irgend welche Spur rother Färbung in der Umgebung der sich auflösenden Asche auftreten zu sehen. Ebenso wenig sah man in ähnlich verdünnter mit Ferrocyankalium versetzter Salzsäure dabei blaue Farbe auftreten.

Wir haben uns allerdings keine Salzsäure verschaffen können, welche nicht an sich vor dem Hineinhalten der Retinaasche schon die entsprechende Eisenreaction gegeben hätte, die Säure war aber doch so rein, dass die schwachen Färbungen des Reagens nicht störten. Dass die Probe für ausserordentlich geringe Quantitäten Eisen ausreiche, sahen wir, als wir sie mit einer winzigen Menge Blut, mit einem Gerinnsel vom Frosche, das noch nicht $^1/_{20}$ vom Volum einer Retina betragen mochte, oder mit einigen Netzhäuten, deren Hyaloïdea erhalten geblieben, und Blutkörperchen aufwies, anstellten. Damit trat die Reaction so gut ein, dass man nicht nur einen rothen Hof gleich nach dem Eintauchen des Drahtes um dessen Ende entstehen, sondern auch einen feinen rothen Faden in der Lösung auf den Boden des Porzellantiegelchens, das sie enthielt, sinken sah.

Mehr Material gewannen wir aus Kaninchennetzhäuten, indem wir die im vorigen Capitel erwähnten Optogramme, welche zu nichts mehr dienten, von den Porzellanschälchen, auf die sie angetrocknet waren, mit einem Platinmesser abschabten. Da diese Retinae nur in der Papille und in dem weissen Balken markführender Nerven Blutgefässe enthielten, brauchte man nur diesen zurückzulassen, um blutfreies Material zu gewinnen. Der Alaun, welcher zum Härten gedient hatte, war sehr rein und gab in gesättigter Lösung kaum deutlichere Eisenreactionen, als die zum Auflösen der Asche verwendete Salzsäure. Die Gesammtmenge des zu dem einzigen Versuche verwendeten Retinapulvers betrug lufttrocken 0,2 gr. Dasselbe wurde im Porzellantiegel verascht, der Tiegelinhalt mit wenig Salzsäure erwärmt, etwas verdünnt, durch ein sehr kleines eisenfreies Filter filtrirt und in 2 Hälften getheilt mit den beiden Eisenreagentien gemischt. In beiden war Zunahme der entsprechenden Färbung zweifellos, aber die Reactionen waren doch so schwach, dass nur von Spuren an Eisen die Rede sein konnte. Erwägt man, dass die Retinalgewebe an sich solche

Spuren enthalten können, dass ferner die Netzhäute mit stählernen Instrumenten aus dem Alaun, der sie angreift, hervorgeholt waren, so durfte ein geringer Eisengehalt schon erwartet werden. Wenn aber der Sehpurpur ein eisenhaltiger Körper wäre, hätte die Reaction mit der Asche einer so bedeutenden Anzahl Netzhäute, deren grösster Theil beim Optographiren farbig geblieben war, selbst wenn Schweiss resorbirt worden, erheblicher ausfallen müssen.

Vom Einflusse der Temperatur auf den Sehpurpur.

Welches Interesse das Verhalten und etwaige Veränderungen der Retinafarbe oder des Sehpurpurs beim Erwärmen bieten, wurde in dem Vorhergehenden wiederholt berührt. Unsere Versuche darüber sind in dem Folgenden zusammengestellt.

Frische Retinae von Dunkelfröschen wurden mit der Stäbchenseite gegen die Wand kleiner geschlossener Glasröhrchen, deren Boden etwas Wasser bedeckte, geklebt und die letzteren in ein grösseres Wasserbad getaucht. So wurde gefunden, dass die Stäbchenschicht sich in sehr kurzer, nicht zu bestimmender Zeit bei 76° C. im Dunkeln vollkommen entfärbte; sie war dann meist ohne jede Spur von Gelb und opak. Bei 75° C. geschah dasselbe in 1 Min., bei 71° C. in 5 M., bei 70° C. in 8 Min., bei 65° C. erst in 30 Min., bei 60° C. in 1 Stunde, bei 53° C. und 52° C. erst in mehreren Stunden. Bei 51° C. und 50° C. schien ausser dem Opakwerden gar keine Veränderung mehr zu erfolgen. Zwischen 65° C. und 70° C. ging dem vollkommenen Erblassen immer ein Stadium voran, in welchem die Farbe gelb oder chamois aussah.

Da die Erwärmung der Glasröhrchen einige Zeit in Anspruch nehmen musste, bevor die Retina die Temperatur des Bades annahm, wurde eine zweite Versuchsreihe so ausgeführt, dass man die Präparate in weite kurze Röhrchen, welche bereits

erwärmte halbprocentige NaCl-Lösung enthielten, versenkte. Momentane Bleichung wurde jetzt schon bei 74° C. beobachtet, bei 72° C. Bleichung in 1 Min., bei 70° C. in 3 Min., unterhalb welcher Temperatur die Veränderungen in derselben Weise und in denselben Zeiten verliefen, wie früher. In destillirtem Wasser fiel die Reihe genau so aus, ebenso in NaCl von 10 p. Ct. und von noch stärkerer Concentration. 52° C. schienen überall die niederste Temperatur zu sein, die noch Farbenveränderung erzeugte.

Sehpurpur von je 30 Froschnetzhäuten in 1 C.C. 2procentiger Galle gelöst, zeigte in schmale, dünnwandige Glasröhrchen gefüllt, folgendes Verhalten. Bei 72° C. trat momentan Entfärbung ein, bei 70° C. in 2 Min., bei 66° C. in 3 Min., bei 63° C. in 10 Min., bei 54° C. in 30 Min. sehr helle Chamois-Farben, bei 53° C. in ebenfalls 30 Min. etwas gesättigteres Chamois, bei 50° C. in mehreren Stunden keine Veränderung.

Die untere Grenze der Zersetzungstemperaturen ist also bei der Purpurlösung dieselbe, wie für den Purpur in den Stäbchen, während die höheren Temperaturen von 63° C. an auf die Lösung energischer, als auf die Netzhautfarbe wirken.

Von sehr bedeutendem Einflusse auf die Zersetzungstemperatur sind Zusätze von Alkalien und Säuren und zwar von solchen, welche bei niederen Temperaturen den Purpur nicht verändern.

Wurde zu ½procentiger NaCl-Lösung 1 p. Ct. trockener Soda gesetzt und auf 60° C. erhitzt, so erblich eine Retina darin schon in 6 Min., bei einem Sodagehalte von 4 p. Ct. in 4 Min., ebenso schnell, wenn die Salzlösung 5 p. Ct. lufttrockenen kohlensauren Ammoniaks enthielt. In der letzteren Mischung wurde die Netzhaut bei 55° C. in 20 Minuten farblos, bei 47° C. in 90 Min. chamois, in 3 Stunden entfärbt. Lösungen, welchen 5 Vol. p. Ct. starken Ammoniaks zugesetzt waren, entfärbten sich bei 65° C. in 2 Min., bei 47° C. in 1 Stunde.

Die NaCl-Lösung mit 1 p. Ct. Essigsäure angesäuert, färbte die Retina bei 47° C. in 20 Min. gelb, ebenso mit 2 p. Ct. der Säure und derselben Temperatur in 10 Min., bei 55° C. in 5 Min., bei 60° C. in 2 Min., bei 65° C. in 2 Min. weiss.

In ganz ähnlicher Weise wurden durch die genannten Zusätze die Zersetzungstemperaturen der Purpurlösung beeinflusst.

Die schon genannte Lösung von 2 p. Ct. Galle mit dem gleichen Volum Sodalösung von 4 p. Ct. versetzt, also auf 1 p. Ct. Galle und 2 p. Ct. Soda gebracht, wurde bei 60° C. in 2 Min., bei 47° C. in 5 Min., bei 45° C. in 10 Min. gänzlich entfärbt. Durch Verdünnen auf 1 p. Ct. Soda gebracht, wurde sie bei 50° C. in 5 Min. entfärbt. Zusatz einer sehr kleinen Menge NH_3 zur ursprünglichen Purpurlösung, so dass sie gerade deutlich darnach roch, bewirkte, dass sie bei 53° C. in 2 Min. entfärbt, bei 44° C. in 30 Min. hell lila wurde. Durch grössere Mengen NH_3 schien die überhaupt noch wirksame Temperatur nicht unter 40° C. herabgedrückt zu werden.

Eine Probe der Purpurlösung mit so viel verdünnter Essigsäure versetzt, dass sie gerade anfing, durch ausgeschiedene Gallensäuren opalescent zu werden, jedoch bei Zimmertemperatur unveränderlich in der Farbe blieb, wurde bei 53° C. augenblicklich, bei 42° C. in 5 Min. ganz farblos.

Der Gang der Farbenänderung beim Erwärmen zeigt unzweideutig, dass da dieselben Zersetzungsprodukte, wie beim Belichten aus dem Purpur entstehen, denn es geht auch hier, wenn der Vorgang langsam genug verläuft, die Farbe erst durch Gelb zum Weiss und dies hat dieselben Zwischenfarben von reinem Roth durch Orange und Chamois zur Folge, welche schon so oft erwähnt wurden. Wie beim Belichten ist die gelbe Farbe weniger auffällig in der Purpurlösung, als an der Netzhaut, aber hier, wie dort ist es das Sehgelb, das sich überall relativ schnell, auch

bei den niederen Temperaturen, bildet und welches die längere Zeit erfordert, um ganz zersetzt zu werden, bis nichts Farbiges übrig bleibt. Wie wir nur unter gewissen Umständen durch Licht ausschliesslich Sehgelb ohne Sehweiss zu erzeugen vermochten, so gelang es auch durch Erwärmen nicht, Retinae in den Zustand zu bringen, wo die Fluorescenz erloschen gewesen wäre. Indess haben wir noch keine Gelegenheit gefunden, festzustellen, ob durch totale Wärmebleichung die Fluorescenzerscheinungen der vollendeten Lichtbleiche erzeugt werden können. Wenige Versuche, zu denen uns der Sonnenschein bis jetzt kommen gelassen, welche mit 70° C. begonnen wurden, scheinen anzudeuten, dass die Fluorescenz ganz verloren geht, so dass das Sehweiss als in dieser höheren Temperatur ebenfalls zersetzlich anzusehen wäre.

Im Anschlusse hieran wurde beachtet, wie Erwärmen bei Entziehung des Wassers wirkt. Auf Glasplättchen angetrocknete Netzhäute vom Frosche neben wasserfreier Phosphorsäure eingeschlossen, zu entfärben, gelang bei 100° C. in mehreren Stunden nicht; die Präparate wurden nur orange, höchstens gelb, blichen aber wieder befeuchtet am Lichte in einigen Stunden, trocken erhalten nach einigen Tagen vollkommen aus. Als wir die trockenen Membranen von 50° C. an aufwärts bis auf 75° C. erhitzten, um den Einfluss der Abwesenheit des Wassers auf die Zersetzungstemperatur überhaupt kennen zu lernen, stellte sich heraus, dass der Purpur erst bei etwa 70° C. anfing verändert zu werden; nach 10 Min. war das Umschlagen zu reinem Roth, nach 1 Stunde das Auftreten von Orange bemerklich, doch können wir keine recht bestimmten Angaben über Grenztemperaturen machen, weil es ungemein schwierig ist, die so langsam und mit wenig verschiedenen Nuancen charakterisirte Aenderung an dem gerunzelten Objecte deutlich zu erkennen. Mit den Glasplättchen in absolutes Glycerin versenkt, zeigten die Retinae bei 65° C.

in 2—3 Stunden keine Veränderung; bei 75° wurden sie darin nach 30 Min. fast farblos.

Tagelang in gesättigter NaCl-Lösung gehaltene Netzhäute, in demselben Medium erwärmt, zeigten bei 65° C. nach 30 Min. die erste Veränderung, wurden nach 40 Min. chamois, nach 50 Min. heller, nach 60 Min. noch heller chamois bis gelb, nach 1½ Stunden ganz farblos. Bei 75° C. trat die erste Farbenänderung in 5 Min., bei 80° C. in 4 Min. ein. In 6 Min. ging die Farbe bei 80° C. in Gelb über, in 8—10 Min. zu Weiss. Es giebt hier also ähnliche Verlangsamungen, wie beim Belichten gesalzener Netzhäute.

Durch Erwärmen gelb oder farblos gewordene Netzhäute und Purpurlösungen nehmen im Dunkeln kühl gehalten niemals wieder Färbung an.

Bei 45° C. wird die Netzhaut des Frosches ohne Farbenänderung der Stäbchen schnell weisslich und viel undurchsichtiger als durch Absterben bei Zimmertemperatur. Es bleibt zu untersuchen, in welchen Schichten und Geweben diese der Wärmestarre entsprechende Veränderung vor sich geht.

Vom Einflusse der Temperatur auf die Lichtbleiche.

Unter 0° liegende Temperaturen scheinen nur Einfluss auf die Bleichungszeiten der Froschnetzhaut im Lichte zu haben, wenn die Gewebssäfte gefrieren. In diesem an der weisslichen Rosafarbe gleich zu erkennenden Zustande sahen wir die Farbe noch etwas langsamer als an in gesättigter Salzlösung gehaltenen Präparaten durch Sonnenlicht verschwinden. Nach dem Aufthauen, während die Temperatur auch im Präparate sicher noch unter 0° stand, konnten wir keine wesentliche Verlangsamung der Lichtwirkung gegenüber der in Zimmertemperatur gewöhnlich stattfindenden wahrnehmen. Einige Versuche der Art wurden mit dem Sonnenspectrum angestellt, und zwar so, dass das von

einem Metallspiegel nach abwärts reflectirte Spectrum zur Hälfte seiner Breite auf eine mattweisse silberne Rinne fiel, die auf einer Kältemischung stand, zur andern Hälfte auf einen Porzellanstreif, der über ein Gefäss mit Wasser von 30° C. gelegt worden. Wenn die am Boden der Silberrinne angefrorene Netzhautreihe wieder so weit aufgethaut war, dass die Membranen durchsichtig und feucht schienen, während ein nebengesetzter Wassertropfen noch anfror, beobachteten wir keine regelmässigen zeitlichen Unterschiede der Ausbleichung in den einzelnen Spectralfarben zwischen diesen Membranen und den auf der Porzellanplatte ausgebreiteten.

Wesentlich anders gestalteten sich die Bleichungszeiten für höhere Temperaturen, und hier musste man vor Allem wissen, ob sich Unterschiede ergäben für die unter Homöothermen und Poikilothermen gewöhnlich vorhandenen Temperaturdifferenzen. Zu dem Ende befestigten wir wieder Froschnetzhäute mit der Aussenfläche gegen die innere Wand kleiner feuchter Röhrchen, verschlossen diese und versenkten sie unter Führung an durch den Kork gesteckten Glasstäben in grosse Bechergläser mit verschieden temperirtem Wasser. Vor dem Belichten wurden die Röhrchen so lange eingetaucht erhalten, dass auf Gleichheit der Temperatur des Präparates mit der des Bades zu rechnen war. Die Beleuchtung geschah durch stark gedämpftes Tageslicht, das man plötzlich durch Oeffnen einer kleinen Klappe im Fensterladen in's Dunkelzimmer treten liess. Um gleicher Belichtungen bei den Präparaten sicher zu sein, wurden die Versuche durch Vertauschen des Platzes der Gläser controlirt.

Wir fanden so bei 40° C. auf der einen, 10° C. auf der andern Seite, die wärmere Netzhaut nach 1 Min. etwas weiter in der Bleichung vorgeschritten, gelber als die andere, welche noch recht orange aussah; nach 3 Min. war die Differenz grösser, indem die erste blass strohgelb, die zweite noch chamois gefärbt

war. Erst nach 10 Min. waren beide vollkommen entfärbt, aber es war während dieser langen Zeit immer zu bemerken, dass die wärmere Netzhaut der Ausbleichung näher war. Wir haben nach vielfacher Wiederholung des Versuches keinen Zweifel an der Constanz der Unterschiede.

Für Temperaturen von 37°, 37,5° und 38° C. gegen 10—12° C., auf welche es am meisten ankam, können wir die grössere Lichtempfindlichkeit den wärmeren Netzhäuten nicht entfernt mit der Bestimmtheit zuschreiben, wie für 40° C. Wohl hat uns, was wir sahen, im Allgemeinen den Eindruck hinterlassen, dass die Bluttemperaturen die Lichtbleiche etwas beschleunigen, indem namentlich der Umschlag des Purpurs in Roth oder Orange bei 10° C. langsamer erfolgte, ja wir glauben solche Unterschiede für 10—12° und 35° C. noch zugeben zu dürfen. Auffällig sind die Differenzen aber nicht, bei sehr schwachem Lichte nach 10 bis 20 Sec. höchstens zu bemessen und hinsichtlich der totalen Entfärbung erhielten wir zuweilen selbst umgekehrte Resultate. Oben wurde schon bemerkt, dass Erwärmen die fortschreitende Indolenz des Sehgelbs begünstigt, und diess bildet eben für alle dem ersten Farbenwechsel folgende Stadien ein störendes Moment. In einem bei 40° C. angestellten Versuche wurde dieser Uebelstand so zu umgehen versucht, dass erst beide Netzhäute im Dunkeln etwa 20 Min. bei der höheren Temperatur gehalten und dem Lichte ausgesetzt wurden, als die eine auf 12° C. wieder abgekühlt war. Jetzt wurde die warme nach 30 Sec. gelb, während die andere noch gelborange war; nach 5 Min. war die erstere blass strohgelb, die kalte chamois und erst nach 8 Min. waren beide gleich, d. h. nahezu farblos. Besondere Undurchsichtigkeit hatte diese Erwärmung an den Präparaten nicht erzeugt.

Um die Entstehung des indolenten Farbstoffes oder die Fixirung des Sehgelbs ganz zu vermeiden, nahmen wir an Stelle der Netzhaut die Lösungen des Sehpurpurs in 2procentiger Galle.

Bei 40^0 und 10^0 C. war der Farben-Unterschied alsbald ausgeprägt, nach 90 Sec. höchst auffallend und nach 5 Min. noch vorhanden, indem die warme Probe kaum gelblich, die kältere deutlich chamois erschien. Bei 38^0 C. gegen 10^0 C. und ebenso langsam wirkendem Lichte war gleichsinnige Differenz auch noch im Anfangsstadium zu bemerken, am deutlichsten jedoch zur Zeit des Ueberganges vom Gelb zur Farblosigkeit. Die letztere Beobachtung veranlasste uns am meisten das schnellere Reagiren der Netzhautfarbe lebender Warmblüter in noch andern Gründen, als in der Bluttemperatur an sich zu suchen (vergl. d. vor. Cap.).

Je weniger ins Auge fallende Unterschiede die genannten sehr bedeutenden Temperaturdifferenzen für die Purpurbleiche im Lichte ergeben hatten, um so mehr musste die erstaunliche Steigerung der Lichtempfindlichkeit überraschen, welche bei sehr geringen Differenzen durch Annäherung an die Zersetzungstemperatur gefunden wurde. Diese Zunahme ist so bedeutend, dass mittelst derselben aus Sehpurpur vermuthlich das feinste Reagens auf Licht, das es überhaupt geben kann, herzustellen sein wird. Die folgenden dies belegenden Versuche wurden alle mit vorher im Dunkeln gleichmässig erwärmten Präparaten ausgeführt, von denen jedesmal das eine abgekühlt worden, während das andere auf der gewünschten Temperatur blieb, wenn das Licht zutrat. Nur die erste Beobachtung, welche uns das Opakwerden der Froschnetzhaut bei 45^0 C. beachten lehrte, was Unterschiede in der Lichtbleiche zur Folge haben konnte, insofern die weisse Retina zum Reflector der zum Lichte gewendeten Stäbchenschicht zu werden vermag, war ohne die genannte Vorsicht gewonnen. Was es da zu sehen gab, war aber so auffallend, dass wir sogleich wussten, hier könne weder innere Lichtreflexion, noch das verschiedene Aussehen opaker und durchsichtiger Farbenflächen wesentlich sein. Die eine Retina war während der Belichtung wegen der noch unvollkommenen Ein-

richtungen von 49° C. auf 43° C. abgekühlt, die andere constant bei 11° C. erhalten. In dem stark gedämpften Lichte zeigte sich die erwärmte nach 4 Min. total ausgeblichen, während die andere nach 5 Min. noch rothorange, nach 10 Min. intensiv chamois, nach 25 Min. noch hellgelb aussah.

An vorher zusammen erwärmten, aber zur möglichsten Vermeidung des Indolentwerdens nachträglich gebildeten Sehgelbs nur kurze Zeit der höheren Temperatur ausgesetzten Präparaten beobachteten wir Folgendes:

Netzhaut.					
1	A. bei	45° C.	in	4 Min.	entfärbt.
	B. —	12° C.	„	12 „	noch hell chamois.
2	A. —	50° C.	„	1 „	ganz entfärbt.
	B. —	12° C.	„	1 „	orange, in 10—12 Min. ganz entfärbt.
3	A. —	50° C.	„	40 Sec.	gänzlich gebleicht.
	B. —	11° C.	„	1 Min.	chamois, in 3 Min. farblos.
4	A. —	50° C.	„	30 Sec.	vollkommen entfärbt.
	B. —	12° C.	„	12 Min.	entfärbt.

Selbstverständlich sind nur A. und B. derselben Ziffer zu vergleichen, da die Lichtintensität von einem Paare zum andern ungefähr in dem Grade schwankte, wie es aus den zeitlichen Verschiedenheiten bei derselben Temperatur ersichtlich ist. Wir konnten nur auf das halten, was wesentlich und leidlich erreichbar war, nämlich dass die Intensität in der kurzen Zeit des Einzelversuches keine grösseren Schwankungen erlitt, indem wir nur bei stark und gleichmässig bezogenem Himmel arbeiteten.

Sehpurpurlösung in 2 pctg. Galle zur einen Hälfte bei 50° C., zur andern bei 12° C. exponirt, wurde in der ersteren in 30 Sec. vollständig entfärbt, in der letzteren nach 11 Min.

Soweit sich darüber urtheilen liess, beginnt die grosse Zunahme der Lichtempfindlichkeit des Purpurs etwa bei 45° C. und steigt in dem Maasse mit der Temperatur, wie diese der

Grenze zugeht, über welche hinaus Erwärmung an sich, also im Dunkeln die Zersetzung einleitet. Wir haben nur bis zu diesem Punkte genauere Versuche gemacht, denn es war uns aus den früheren Erfahrungen bekannt, mit welcher unglaublichen Geschwindigkeit die Retina und die Purpurlösung in stark gedämpftem Lichte verändert werden, wenn man denselben überschreitet. Begreiflich liegt darin eine unwillkommene Schwierigkeit der Temperaturversuche überhaupt und Anlass zu grosser Eile beim Besehen der Präparate, das keine zu geringe Lichtstärke erlaubt, wenn nicht Lichtwirkung für die der Temperatur gehalten werden soll. Einmal damit bekannt, haben wir die Schwierigkeit natürlich umgangen, indem wir die Objecte vor dem Besehen erst wieder abkühlten, wo die Erwärmung im Dunkeln keine allzuschnelle Veränderung voraussetzen liess.

Von den chemischen Mitteln, welche Sehpurpur für niederere Temperaturen zersetzlich machen, wurde besonders NH_3 benutzt. Pupurlösung mit so viel NH_3 versetzt, dass sie gerade deutlich Geruch darnach angenommen hatte, wurde z. B. bei 38° C. in 20 Sec. gänzlich entfärbt, während eine abgesonderte in demselben Lichte bei 10° C. gehaltene Probe erst nach 30 Sec. die Anfangsänderung, nach 90 Sec. Uebergang zu Chamois zeigte, und 4 Min. zur Entfärbung bedurfte. Lösungen mit grösserem NH_3-Gehalte wurden bei 40° C. in sehr schwachem Lichte augenblicklich blassgelb, fast farblos, bei 10° C. erst in 60 Sec. gelb und in 5 Min. entfärbt. Hier ist daran zu erinnern, dass ammoniakalische Purpurlösungen im Dunkeln unter 44° C. nicht zersetzlich sind und dass der Zusatz in der Kälte sogar langsameres Bleichen der Netzhautfarbe durch Licht bedingt.

Die sonnenarme Jahreszeit verbot bis jetzt von der Empfindlichkeitssteigerung durch Erwärmen ausgedehnteren Gebrauch zu machen und das vor Allem wissenswerthe Verhalten erwärmter Netzhäute und Purpurproben im wenigst wirksamen

rothen Lichte genauer zu untersuchen. Bei einem Spectralversuche, der am 28. Nov. 12 Uhr mit guter Sonne anzustellen war, sahen wir auf 50°C. erhaltene Retinae im Gelbgrün nach 7 Min. ausbleichen, während dasselbe Licht auf Präparate von etwa 12° C. erst in 20 Min. wirkte. Ein im Roth von C liegendes Präparat zeigte sich innerhalb dieser Zeit so wenig verändert, wie eins, das zur Controle in dem dunkel gebliebenen Theile der Röhre, worin alle erwärmt wurden, lag. Dies spricht nicht grade für Steigerung der Lichtempfindlichkeit im Roth, doch wird darüber erst nach eingehenderen Beobachtungen und Heranziehung von Erwärmungen, welche die Zersetzungstemperatur überschreiten, zu entscheiden sein.

Es bedarf der Erwähnung kaum, welche grossen zeitlichen Unterschiede der Lichtbleiche herzustellen sind bei kleinen Temperaturdifferenzen, wenn man die letzteren an eine passende Stelle, z. B. von 44°—46° oder — 50° C. legt.

Chemische Einflüsse auf die Lichtbleiche.

An dieser Stelle wird passend noch über Ausbleichungsversuche mit dem Lichte unter einigen chemischen Einflüssen berichtet. Dieselben waren der einfachsten Art und können nur den Anfang weiterer in der Richtung zu unternehmender Untersuchungen darstellen, welche besonders festzustellen hätten, ob Reagentien, die in gewissen Concentrationen die Netzhaut im Dunkeln entfärben, es mit der Hülfe des Lichts schneller thun oder in an sich unschädlicher Concentration den Purpur lichtempfindlicher machen. Wir hatten Gelegenheit einen dahin zielenden Versuch mit dem Sonnenspectrum zu machen, als wir die Frage mit der Essigsäure begannen. Die Säure von ½ bis 1 pCt. veränderte die Netzhaut im Dunkeln nur, indem sie das Gewebe weniger durchsichtig machte und den Purpur vielleicht erst in grosser absoluter Menge nach einigen Tagen verfärbt

hätte. Eine Reihe damit gesäuerter Retinae wurde auf einer Porzellanplatte neben einer andern Reihe mit Soda von 2 pCt. getränkter in das Spectrum gelegt und es fand sich, dass die Zeit, welche die Lichtwirkung in den einzelnen Farben in Anspruch nahm, auf der alkalischen Seite im Allgemeinen dieselbe war, wie auf der sauren; es gab aber einen auffallenden, das letzte Stadium der Bleichung betreffenden Unterschied, indem nämlich die gesäuerten Netzhäute im Gelbgrün bis Grün noch lange intensiv gelb blieben, als die alkalischen dort schon farblos waren und sich im Blau und Violet bereits entfärbt zeigten, als die alkalischen in diesem Spectraltheile noch hell chamois oder lila waren. Das sieht ganz so aus, wie wenn das Sehgelb, dessen Bildung die Essigsäure im Dunkeln einleitet und bei grösserer Concentration schnell hervorruft, wenigstens im blauen Lichte schneller auftritt unter Mitwirkung der Säure. Bemerkenswerth bleibt daneben die geringere Wirkung, welche gelbgrünes und grünes Licht auf dieses Sehgelb ausüben, und die Geschwindigkeit, womit es im blauen Licht verschwindet. Man hat hier also das Verhalten des Sehgelb reiner vor sich, wie gewöhnlich, wo es im Gange der Ausbleichung länger mit unzersetztem Purpur gemischt bleibt.

Eine Netzhautreihe, in einer Glasröhre längere Zeit im feuchten Kohlensäurestrome gehalten, zeigte nichts der Art und kein anderes Verhalten zu den Spectralfarben, wie in atmosphärischer Luft gehaltene.

Schliesslich wäre noch die Frage zu berühren, ob der Sauerstoff an der photochemischen Zersetzung des Sehpurpurs betheiligt ist oder nicht. Wenn man erwägt, wie wenig Purpur eine Froschnetzhaut vermuthlich enthalten kann und welche Spur von O nur anwesend zu sein braucht, auch wenn auf seine Gegenwart etwas ankommt, wird man davon abstehen, den atmosphärischen O durch Verdrängung mit CO_2, H oder N ent-

fernen zu wollen. Wir meinen aber auf anderem Wege die Betheiligung des O schon ausgeschlossen zu haben, als wir von der Lichtbleiche in Schwefelwasserstoffwasser und in Schwefelammonium berichteten. Um die Frage abschliessend zu erledigen, haben wir die Versuche mit verdünntem, von SH_2 vollkommen gesättigtem NH_3 wiederholt, und die Retina mit der Lösung in kleinen Fläschchen, deren Glaspfropf sehr vollkommen eingeschliffen, ohne Luftblase 24 Stunden im Dunkeln gehalten. Darauf im Fläschchen ans Licht gebracht, blich sie in derselben Zeit und in derselben Weise aus, wie eine unter denselben Verhältnissen in ebenso verdünntem NH_3 (ohne SH_2) gehaltene, unter Zutritt von Luft. Endlich haben wir den Versuch in einer klaren und farblosen Mischung von Zinnchlorür, Weinsteinsäure und überschüssigem NH_3 angestellt, was am Gange der Lichtbleiche auch keine Aenderung erzeugte.

Die einzige Ansicht, welche wir uns bis jetzt von dem photochemischen Zersetzungsprocesse des Sehpurpurs zu bilden vermögen, ist die, dass er in einer Wasserentziehung bestehe. Manche der von uns gefundenen Thatsachen scheinen dem freilich zu widersprechen, vor Allem die ausserordentliche Verlangsamung des Bleichens in Abwesenheit von Wasser. Es giebt aber eine Thatsache, welche uns stark dafür zu sprechen scheint: über Schwefelsäure oder über wasserfreier Phosphorsäure im Vacuum gänzlich getrocknete, jedoch noch rein purpurfarbene Netzhäute werden in absolutem Glycerin aufbewahrt, nach 24 Stunden etwa, unter strengstem Lichtschutze orangeroth, einige Tage später gelborange, noch später gelb, nach Wochen blassgelb. Auffallender ist die Veränderung an dem ebenso im Vacuum erhaltenen ganz getrockneten Rückstande von Purpurcholatlösungen, der für sich beliebig lange aufzubewahren ist, ohne an der purpurnen Nuance zu verlieren. Wird derselbe mit krystallisirendem Glycerin übergossen im Dunkeln über SH_2O_4

aufbewahrt und von Zeit zu Zeit mit einem Platindraht aufgerührt, so quillt er etwas an, setzt sich aber stets wieder zu Boden. Wir haben auch vergeblich versucht ihn dadurch in Lösung zu bringen, dass wir eine durch wochenlanges Stehen absoluten Glycerins über vollkommen getrockneter krystallisirter Galle bereitete, wasserfreie Gallenlösung, die sich so herstellen lässt, damit mischten und lange über SH_2O_4 darauf wirken liessen. Die glasigen Klumpen am Boden waren anfangs schön rosenfarben, wurden aber nach und nach immer mehr gelb, nach etwa 3 Wochen hellgelb, in welchem Zustande wir sie noch 2 Monate später erhalten fanden. An's Licht gesetzt, verloren sie nach einigen Tagen auch diese Farbe[1]). Da man an der im Glycerin liegenden

---

[1]) Es ist hier angenommen, dass die Entfärbung des Purpurs auf Entziehung des zur Constitution des Farbstoffes gehörigen Wassers durch die Wasseranziehung seitens des absoluten Glycerins beruhe. Wie hygroskopisch solches Glycerin sei, ist bekannt und lehrt jeder Wägungsversuch: man muss damit umgehen, wie mit Schwefelsäure. Ausserdem zeigt es einem anderen Körper gegenüber ein Verhalten, dessen Analogie mit dem zum Sehpurpur unverkennbar ist, ich meine das Eiweiss.

Es giebt manche gute Gründe für die von Vielen getheilte Meinung, dass coagulirtes Albumin das Anhydrid des coagulabelen, die Coagulation eine Wasserentziehung sei. Ich habe Eierweiss mit gerade so viel Weinsteinsäure versetzt, dass eine Probe durch Sieden vollkommen coagulirte, die klare Lösung bei 40° C. eingedampft, den Rückstand gepulvert über SH_2O_4 im Vacuum so lange getrocknet, bis er keinen Gewichtsverlust mehr erlitt, und dieses Albumin nach längerem Stehen in absolutem Glycerin löslich gefunden. Unter der Exsiccatorglocke gelang es davon in einigen Wochen eine klare Lösung vom Aussehen des besten Canadabalsams zu filtriren. Eine Probe davon in siedendes Wasser getaucht wurde fest und undurchsichtig weiss; das Eiweiss coagulirte indess anscheinend langsamer, als in wässriger Lösung. Vollkommen verschlossene Proben der nicht erwärmten Lösung wurden nach und nach immer trüber und steifer und sind jetzt nach 2½ Jahren fast so fest und opak, wie die der Siedhitze ausgesetzten.

Mir scheint, dass auch die allmählige Zersetzung des Sehpurpurs beim Erwärmen und die plötzliche Entfärbung bei 74° C. gewisse Analogieen mit der Eiweisscoagulation bietet, ebenso die partielle oder langsame Veränderlichkeit des trockenen Farbstoffes bei 100° C., mit der unvollkommenen Coagulation des trockenen Albumins bei höherer Temperatur. *W. K.*

Retina gegen die Beobachtung misstrauisch wird, weil die dünne farbige Membran darin fast bis zum Verschwinden durchsichtig wird, ist auf die Erscheinung am Purpur selbst besonderes Gewicht zu legen. Das uns von dem Fabrikanten Herrn *Sarg* in Wien freundlichst geschenkte Glycerin bestand noch bei einigen Graden über 0° aus den schönsten, zolllangen Krystallen und erwies sich nach dem Verdünnen so unschädlich für Sehpurpur, dass wir es mit Vortheil zum Conserviren der sonst ausserordentlich fäulnissfähigen Purpurlösung benutzten. Ein gesättigtes Netzhautextract mit 5procentiger Galle bereitet, im Vacuum auf etwa 1/4 concentrirt und mit dem Glycerin wieder aufgefüllt, giebt den herrlichsten Purpurlack, dessen Lichtempfindlichkeit man fast bedauern möchte.

Sehpurpur in der für chemische Untersuchungen nöthigen Menge zu gewinnen wird zwar sehr schwer halten und ungewöhnliche Opfer, freilich nur manueller Arbeit, kosten, scheint uns aber nicht unmöglich, denn es giebt eine Eigenschaft des Körpers, welche Aussichten auf seine Reinigung eröffnet. Der Sehpurpur ist nicht diffusibel.

Wir haben die Purpurlösung in kleine Dialysoren aus vegetabilischem Pergament gefüllt auf einige Cub.-Cent. Wasser oder farblose Galle gesetzt, diese nach mehrtägigem Stehen im Vacuum concentrirt und daran niemals Färbung beobachtet, während dieselbe über der Membran erhalten blieb. Wurden die Dialysoren in grosse Mengen zuweilen erneuerten Wassers getaucht, so verlor die Purpurlösung allen Geschmack nach Galle, und dieselbe fand sich in der dialysirten Flüssigkeit, wo sie leicht nachzuweisen war. In dem Maasse, wie dem Purpur die Galle entzogen wurde, trübte sich die Lösung von myelinartigen Ausscheidungen, ohne jedoch einen gefärbten Bodensatz zu geben.

Wir haben diese Flüssigkeiten bis heute nicht frei von Bacterien erhalten können. Im Vacuum verdunstet und wieder mit Wasser versetzt, bildete der Rückstand ein gallertiges, purpurfarbenes Magma, von welchem nur ungefärbte Filtrate zu gewinnen waren. Diese Masse dürfte als Material zur weiteren Reinigung des Purpurs zu benutzen sein, indem man die darin enthaltenen Albumine erst mit einer Spur Trypsin zu verdauen, die Verdauungsprodukte fort zu dialysiren und das Cerebrin nebst anderen dem sog. Myelin zugehörigen Stoffen mit Benzol zu entfernen hätte. Was dann übrig bleibt, müsste der Sehpurpur, mit einer Spur des verwendeten Trypsins verunreinigt, sein. Da die Netzhaut des Pferdes nach *H. Müller* u. *R. Berlin* (klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV. Beilage-Heft S. 4) nur im nächsten Umkreise der Papille Gefässe und Blut enthält, würde sich die Einrichtung eines Dunkelzimmers, worin nur die Purpurcholatlösung anzufertigen wäre, in der Nähe einer Pferdeschlächterei lohnen.

Nachträge zu den Abhandlungen über Sehpurpur.

Von **W. Kühne.**

Zu S. 31. Das Vorkommen des Sehpurpurs in der Thierreihe betr.

Die Netzhaut eines fusslangen, sehr munteren Petromyzon fluviatilis, der einige Stunden im Dunkeln gehalten war, zeigte dieselbe auffallend schwache Purpurfärbung, wie die des früher untersuchten, abgestorbenen Exemplars. Der Purpur ist hier also auch in normalen Verhältnissen entweder in sehr geringer Menge in den Stäbchen enthalten, oder es gibt ausser denselben andere, purpurfreie, vermuthlich den Zapfen zuzurechnende Elemente. Das etwas gesprenkelte Aussehen der Hinterfläche sprach für das Letztere, aber es konnte darüber bei dem ausserordent-

lich schnellen Abblassen der Farbe nicht entschieden werden. Trotz der geringen Sättigung des Purpurs war dessen stark zum Violet oder Bläulichen neigende Nuance auffällig. Im Lichte ging diese in Gelb über, das einige Minuten später gänzlich schwand.

Es ist bis heute unbekannt, ob wirklicher Sehpurpur bei Wirbellosen vorkommt. Die Beobachter der Cephalopoden- und Arthropodenretina beschreiben zwar die Färbung der Sehstäbe als vergänglich; es wird aber nirgends gesagt, ob das Licht Antheil daran habe, noch ob das Absterben und Faulen oder die Conservirungsflüssigkeit sie erst vernichteten. Nach den Beobachtungen am Krebsauge (S. 121) wird es sehr wahrscheinlich, dass die Farbe der Sehstäbe bei den Avertebraten im Allgemeinen lichtbeständig, also kein Sehpurpur ist; doch wird man sich, bis weitere Untersuchungen darüber vorliegen, noch des Nachdenkens über die Coëxistenz von Blutroth und Sehpurpur enthalten können.

Zu S. 393. Unterschiede des Sehpurpurs vom Kaninchen und vom Frosche betr.

Eine aus 4 frischen Kaninchennetzhäuten, mit Ausschluss des die Gefässe führenden Streifens, wo die markhaltigen Nerven liegen, in 1 Cub.-Cent. Galle von 2 pCt. bereitete Sehpurpurlösung erwies sich bei Körpertemperatur bedeutend lichtempfindlicher, als bei 7,5° C. Die Temperatur sank während des Versuchs von 38,5° C. bis 35° C. Dennoch wurde die Lösung in dem sehr gedämpften Lichte, das durch eine kleine mattverglaste Oeffnung aus grösserer Entfernung einfiel, schon in 10 Secunden sehr blass, in 20—25 Sec. hellgelb, in $2^1/_2$ Min. ganz farblos, während die daneben in demselben Lichte bei 7,5° C. aufgestellte erst nach 2 Min. hellrosa, nach $2^1/_2$ Min. gelblich und in $3^1/_2$ Min. farblos wurde.

Hiernach ist kaum mehr zu bezweifeln, dass der Sehpurpur des Frosches und des Kaninchens verschiedene chemische Körper sind.

Beim Erwärmen ohne Licht verhält sich die vom Kaninchen erhaltene Purpurlösung auch nicht ganz so, wie die vom Frosche.

Erstere Lösung (in 5 pCt. Galle) wurde

bei	64^0	C.	in	1	Min.	hellgelblich,
„	61^0	„	„	2	„	„ ,
„	58^0	„	„	4	„	„ ,
„	55^0	„	„	5	„	nicht verändert.

Licht entfärbte diese Lösung, die eine Spur Hämoglobin zu enthalten schien, nicht vollkommen.

Eine andere mit 2,5procentiger Galle dargestellte Lösung aus Kaninchennetzhäuten wurde

bei	62^0	C.	in	$2^1/_2$	Min.	entfärbt,
„	60^0	„	„	5	„	„ ,
„	58^0	„	„	4	„	chamois bis rosa.

Zum Vergleiche hergestellte Purpurlösung vom Frosche, deren Farbe möglichst auf dieselbe Sättigung gebracht worden, sah nach 5 Min. langem Erwärmen auf 63^0 C. noch chamois aus.

Zu S. 32, 105, 109, 177. Den Sehpurpur des Menschen betr.

Aus nicht publicirten Mittheilungen mehrerer Augenärzte entnehme ich, dass anscheinende Abwesenheit des Sehpurpurs an soeben vom Lebenden enucleïrten (Dunkel-)Augen öfter bemerkt worden ist. Wenn über solche Fälle nichts an die Oeffentlichkeit kam und kommen wird, so liegt dies an der sehr gerechtfertigten Vorsicht und Gewissenhaftigkeit der Beobachter, die einerseits der normalen Beschaffenheit der betr. Netzhäute, andererseits der beim Loslösen der Membran vom pigmentirten Augengrunde befolgten Technik misstrauten. Wenn ich mich erinnere, wie absolut unmöglich es war, die Retina aus dem noch warmen Auge des Affen mit einiger Aussicht auf unbeschädigte Stücke herauszunehmen, so wird es mir wahrscheinlich, dass die Präparation am menschlichen Auge, so lange es noch recht frisch

ist, in vielen Fällen misslingen muss. Es sollte darum kein Beobachter, der damit zum Ziele kommt, versäumen, anzugeben, ob das, was loszulösen gelang, auch in normaler Weise mit den Aussengliedern der Stäbchen besetzt gewesen sei, wenn er die Abwesenheit des Sehpurpurs im Dunkelauge als erwiesen angenommen wissen will. Ich selbst war noch nicht in der Lage, lebenswarme Augen vom Menschen zu untersuchen und habe daher zufällig das günstigere Material verwendet, indem ich nach Conservirung des abgestorbenen Auges in Eis an die Beobachtung ging. Andere, wie *Donders*, haben sich mit Erfolg meines Verfahrens das Auge in Alaun zu legen, bedient, das mir indess der Kostbarkeit des Materials nicht angemessen scheint, da man sich damit des Vortheils mancher weiterer Beobachtüng begiebt. Ich würde vorschlagen, das Auge einige Stunden in den Eiskasten zu legen, wenn der erste Versuch, die Retina continuirlich abzulösen, missglückt. Da das Haften des Pigmentepithels an der Stäbchenschicht ohne Frage der Grund der Schwierigkeiten ist, so wird bei der mehr erwähnten bräunlichen Beschaffenheit des menschlichen Sehpurpurs zur Aufklärung des Widerspruches, der darin gegen unsere Beobachtungen liegt, anzugeben sein, ob die bräunlichen Stellen nach dem Zerdrücken kein zwischen die Stäbchen abgeschichtetes Pigment enthielten.

Die Angabe einiger Beobachter (*Horner* u. A.), dass die menschliche Netzhaut unvergleichlich schwächer gefärbt sei, als die des Kaninchens, stimmt im Allgemeinen mit unseren Erfahrungen nicht überein. Ich möchte aber eine Concession machen, welche den Widerspruch lösen kann. Wo viele Stäbchen neben einander liegen, kann man nicht zweifeln, dass die Stäbchenschicht des Menschen tiefer gefärbt, violetter ist, als beim Kaninchen, besonders für den mikroskopischen Anblick; die Membran im Ganzen aber sieht mehr gesprenkelt aus, wenn man es so nennen darf, mehr einem hellen Gewebe ähnlich, worin die

dunklere Farbe eingeschossen ist, während sie beim Kaninchen weit homogener ist. Nach eigenen Beobachtungen kann ich z. Z. nicht entscheiden, wie es um die Zapfen beim Kaninchen steht; da aber nicht bezweifelt wird, dass der Mensch unter den Säugern besonders viele Zapfen zwischen den Stäbchen besitzt, muss die intensivere Farbe der letzteren im Ansehen der ganzen Fläche durch die vielen farblosen Zapfen modificirt werden. So sind die von einander abweichenden Angaben verträglich ohne die bedenkliche Meinung zu begünstigen, dass die Stäbchen des Menschen purpurärmer, als die anderer Säuger seien.

Zu S. 32, 35, 105, 109. Das Fehlen des Sehpurpurs in der fovea centralis und in der ora serrata betr.

Diese Beobachtung ist, mir sehr erfreulicher Weise, seither von *Donders* (Beilageheft d. klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV. Jhrg. S. 156) vollkommen bestätigt, ebenso die Abwesenheit des Sehpurpurs in allen Zapfen; wo die Mittheilung von dem letztern Punkte und den wichtigen daraus gezogenen Folgerungen handelt, ist nicht zu ersehen, dass *Donders* nur über vor ihm von mir Gefundenes und Gesagtes berichtet und es wird die Angabe der Quelle, welche ihn leitete, um so mehr vermisst, als er sich beflissen zeigt, dieselbe bei einer Nebensache (der Verwendung des Alauns) zu nennen.

Zu S. 49 u. A. Die Farbe der Retina, des Sehpurpurs, insbesondere das Chamois betr.

In der Physiologie, wie in der Physik begegnet man der Angabe, die Empfindung, welche das am wenigsten brechbare Licht erzeuge, neige der von dem anderen violetten Ende des Spectrums hervorgerufenen zu, oder wir sähen das Anfangsroth des Spectrums mit purpurner Nuance. In dem Namen Scharlachroth scheint diese Meinung ausdrückliche Bezeichnung zu erhalten. Da meine Empfindung sich in diesem Lichte ebenso frei

von der leisesten Purpurnuance weiss, wie die vieler anderer Forscher, kann ich darüber nicht urtheilen, aber ich glaube hervorheben zu dürfen, dass ein Mittel, welches bei zweifelhaftem Roth entscheidet, ob darin Purpur enthalten ist, bei dem ersten sichtbaren Spectralroth fehlschlägt und für Jedermann, den ich darum befragte, fehlschlug.

Abgesehen von der bekannten Unmöglichkeit aus dem äussersten Roth mit Grün, das kein Blaugrün enthält, Weiss zu erzeugen, während Zumischung von Violet, also von Purpur das entstehende Gelbweiss sogleich in reines Weiss verwandelt, muss ich mich auf das Aussehen des Roth vor A und a berufen, welches es in der Mischung mit Weiss annimmt. Wir haben auf ein sehr reines durch Abblendung für sich betrachtetes Anfangsroth, das gerade noch A einschloss, weisses Licht verschiedener Intensität fallen lassen, indem wir von einem zweiten Spalte das Licht eines andern Heliostaten dazu treten liessen. Da der Spiegel dieses Instrumentes aus einer hinten versilberten dicken Glasplatte bestand, warf es eine Anzahl durch Reflexion an den beiden Glasflächen entstandener, sich überschneidender Sonnenbilder von abnehmender Lichtstärke auf den schmalen rothen Streif, der vom Spectrum übrig gelassen war und erzeugte damit eine Reihe der verschiedensten Mischungen von Roth und Weiss. An diesen Abstufungen war nichts als der Uebergang des Roth durch Orange allenfalls zu Gelbweiss zu erkennen, das letztere da, wo am meisten Weiss hinzukam. Ebenso war die Sache, wenn man in irgend einer anderen Art, z. B. mit einer achromatischen Linse das Bild der Sonne oder des zweiten Spaltes zur Spectralfarbe treten liess. Durch Verengen der Spalte, besonders des für das Spectrum dienenden, war es möglich, eine fast unbegrenzte Zahl von Abstufungen dieses Rothweiss zu erhalten, aber es trat darunter niemals eine der Nuancen auf, welche Purpur mit Weiss gemischt gibt, d. h. kein Rosa, Lila oder Chamois.

Es ist leider schwierig, das Wort „Chamois" durch ein anderes zu ersetzen, da der Name in der Färberei und bei Gegenständen, wo die Farbe genannt werden muss, einmal gebräuchlich und in den helleren Nuancen fast ohne Synonym ist. Was ist diese Farbe? Ich meine man wird sie ebenso zu den Farben im physiologischen Sinne rechnen müssen, wie den Purpur und damit eine zweite Farbe aufstellen, welche im Spectrum nicht vorkommt und welche wie der Purpur nur durch Mischung zu erhalten ist. Das Chamois entsteht aus Violet oder Purpur plus Gelb. Da reines (nicht grünliches) Gelb und Violet nicht complementär sind und kein Weiss geben, sondern nur eine weissliche Nuance, so könnte die aus der Mischung resultirende Empfindung, wie die aus Roth mit nicht complementärem (reinem) Grün entstehende gelbweiss, oder wie die aus Cyanblau und reinem Gelb grünlich ist, einer zwischen Gelb und Violet gelegenen Spectralfarbe, mit Weiss verdünnt entsprechen. Das thut sie aber nicht; es ist darin nichts Bläuliches oder Grünliches, weder beim Ueberwiegen der einen noch der andern Componente, sondern der Eindruck ist ein neuer und vielleicht in auffälligerer Weise neuer, als wenn man Roth und Violet mischt: er ist chamois.

Wir haben spectrales Gelb, das freilich sehr schmal ausfällt, wenn man weder grünliche noch orange Tinten darin haben will, mit spectralem Violet gemischt und das weissliche Feld sehr deutlich chamois gefunden, von etwas mehr gelblicher Nuance, wenn wenig Orange hinzukam, weisslicher, wenn der Spalt grünliches Gelb zuliess. Am schönsten erhielten wir das Chamois aus einfarbigen Quellen, wenn wir das durch Abblendung aller anderen Spectralfarben erhaltene Violet im Lichte der Natronflamme besahen und in allen denkbaren Nuancen, wenn dazu noch Weiss verschiedener Intensität aus dem zweiten Spalte kam. So erklärt sich auch das Entstehen von Chamois aus dem Purpur durch Verdünnen mit Weiss, das um so deutlicher wird, je röther

der Purpur war, denn das Violet wird dann lila, das Roth gelb, und Lila mischt sich mit Gelb zu hellem Chamois. Purpur aus den beiden Enden des Spectrums zusammengesetzt wurde nach der genannten Methode mit Weiss von verschiedener Intensität gemischt, auch chamois, um so auffälliger, je weniger Violet, oder je gelberes Roth dazu genommen worden. Erst wenn das Roth sehr zurücktrat, was sich durch Verengung des betr. Spaltes am Doppelspalte herstellen liess, oder wenn es das an sich lichtschwache des äussersten rothen Endes war, gab die Zumischung von Weiss reineres Lila. Man sieht hier, welche Macht das Gelb in der Mischfarbe besitzt und wird an den bekannten Versuch erinnert, der das schöne Roth des Quecksilberjodids bei mässigem Tageslicht in Gelb verwandelt, wenn ausserdem Natronlicht darauf fällt.

Helmholtz bezeichnet die Mischung von Gelb und Violet als weissliches Rosa (Physiol. Optik. S. 279), was nach dem oben Gesagten kein Widerspruch mit unserer Ausführung ist, da es von dem Verhältniss oder der Beschaffenheit des Roth in der Mischung mit Violet abhängt, ob der weissliche Purpur (Rosa) mehr in Lila oder in Chamois schlägt. Bei natürlichen Objecten, unter welchen die Rosen, besonders manche Theerosen ein gutes Beispiel sind, zweifelt Keiner, dass es mehr oder minder gelbliche Nuancen des Rosenroth gibt, die man sich durchaus nicht versucht fühlt, deswegen dem reinen Roth zu- und dem Purpur oder Rosenroth abzusprechen. Man geräth da höchstens in Zweifel, wenn die Farben sehr gesättigt sind, während man sie in Mischung mit Weiss auch bei sehr stark gelblicher Nuance niemals Gelbroth sondern gelblichrosa, d. h. chamois nennen wird. Es ist nicht schwer, sich alle diese Nuancen des mehr oder weniger gelben Chamois auf der Farbenscheibe mit Grau gemischt herzustellen, wenn man mit den *Maxwell*'schen Scheiben Violet, Purpur oder Rosa mit gutem Gelb in der verschiedensten Weise zusammenstellt; man kommt da selbst

zu einem ganz homogenen Braun, von dem Jeder sagen wird, dass es auch Violet enthalte, ohne das darin enthaltene Gelb verkennen zu können und zu denjenigen Nuancen, welche unter den Interferenzfarben ausser dem Nussbraun, Rothbraun oder Gelbbraun noch als Braun besonderer Art zu unterscheiden sind.

Das Mischen mit Weiss bildet ein gutes Mittel, um zu erkennen, ob in einem Purpur das Roth oder das Violet überwiege und es ist daher von besonderem Interesse zu wissen, dass der Sehpurpur durch Verdünnen nicht chamois, sondern lila wird. Es beweist dies, dass der Sehpurpur relativ geringe Rothempfindung, mehr Violetempfindung erzeugt, was auch in Uebereinstimmung mit seinem Spectralverhalten ist, welches schwache Absorption von Violet und Absorption des Roth von D bis C hin nachweist. Jede im Sehpurpur oder in der Netzhautfarbe durch optische Verdünnung kenntlich zu machende Spur von Chamois bezeugt daher die Zumischung von Sehgelb, also Zersetzung und photochemische Aenderung, wenn andere Einflüsse, als das Licht ausgeschlossen sind. Wird der Sehpurpur roth, so kann dies ferner auch nur an der Entstehung von Sehgelb liegen, und die Farbe würde kein tiefes Roth sein, wenn schon erhebliche Mengen von Sehweiss gebildet wären. Da die Farbe solcher rother Netzhäute mit Weiss gemischt nicht in Gelb, sondern in Chamois umschlägt, so enthalten sie entsprechend der geringen photochemischen Zersetzung, die sie zu erzeugen pflegt, neben wenig Sehgelb, also noch überwiegend unzersetzten Purpur. Es ist daher gänzlich falsch, solche durch Unvorsichtigkeit am Lichte scheinbar roth gewordene Retinae für imprägnirt mit einem rein rothen Farbstoffe zu halten, denn die Verdünnung lehrt, dass sie sogar noch recht reich an gutem Purpur sind[1]).

---

[1]) Auf Taf. 7 ist der Versuch gemacht die Resultate der in den Abhandlungen ausgeführten spectroskopischen Analyse des Sehpurpurs und des Sehgelbs durch eine die Absorption ausdrückende Curve bildlich darzustellen.

Da die Empfindung des Chamois keine gesättigte ist, wie die von den Spectralfarben und dem Purpur erzeugte, insofern die helleren Nuancen immer weisslich sind, die dunkleren nicht anders als mit Grau zur Wahrnehmung kommen, findet sich für sie auf der Farbenscheibe allenfalls noch Platz. Auf der von *Helmholtz* dargestellten Scheibe (Physiol. Optik. S. 282) z. B. wäre das Chamois auf dem mit „Rothweiss“ bezeichneten Felde unterzubringen, soweit Purpur + Roth + Orange, hinlänglich mit Weiss gemischt, Anklänge an die Farbe geben. Meine Erwartung, das Chamois auf der *Chevreul*'schen Tafel (Mém. d. l'Acad. d. Sc. XXIII, 1861), deren Construction durch das praktische Bedürfniss der Gobelins veranlasst worden, vertreten zu finden, wurde schon durch die Bemerkung S. 130 der sonderbaren Abhandlung getäuscht, welche die fragliche Farbe zum Orange und Gelborange stellt, ohne des Purpur oder des Violet zu gedenken; auf der Farbenscheibe *Chevreul*'s war mir das Fehlen der Farbe um so auffälliger, als ich mich erinnere, von keiner so erstaunlich feine und zahlreiche Nuancen in den Spulenkästen der berühmten Manufactur gesehen zu haben, wie von dieser. Man braucht übrigens nur an die andere, meist mit fester Farbenclaviatur arbeitende Technik, an die Pastellmalerei und an die grosse Auswahl chamoisfarbener Stifte, deren sie zur Nachahmung der Natur bedarf, zu erinnern, um zu zeigen, wie verbreitet die Farbe ist; sog. Fleischroth und die Fleischtöne fallen zum guten Theile in die Empfindung des Chamois, ebenso die zweifelhaften Nuancen des Isabellgelb, der Nankingfarbe, gewisser Zimmtfarben und des sog. Havannah.

In einer mir kürzlich zugekommenen sog. internationalen Farbenscala von *Radde* (Hamburg-Paris) finde ich ebenfalls das Chamois unvertreten und unter 882 Proben nur zufällig vorhanden, weil darin das Weiss durchgehends gelblich ist. Ich bin überzeugt, dass sich der Mangel in dem Gebrauche, den sich der im Ganzen

nicht übel ausgefallene Farbendruck zum Ziele genommen, sehr bald herausstellen wird und begreife dessen Entstehung nur aus dem Beistande Jemandes, der, statt die Natur und die Verwendung im Auge zu haben, von der vorgefassten Meinung ausging, die Farbenreihe sei, abgesehen von den Mischungen mit Weiss oder Grau, mit den Spectralfarben und dem Purpur erschöpft.

Zu S. 169. Die Fluorescenz der Netzhaut betr.

Am 13. Dec. waren wir so glücklich ein gut conservirtes Augenpaar vom Menschen zu bekommen, während gleichzeitig die Sonne unbedeckt schien und die Untersuchung im Focus der ultravioletten Strahlen gestattete.

Die Augen entstammten einer am 12. Dec., 5 Uhr, bei Gaslicht verstorbenen 30jährigen Frau, deren Section Leptomeningitis chron. und Encephalitis chron. ergab. Sofort nach dem Tode war das Licht entfernt, die Leiche um 6 Uhr in's eiskalte Sectionslocal gebracht worden, wo die Augen um 9 Uhr unter Lichtschutz exstirpirt und in Eis verpackt wurden. Aus beiden noch sehr wenig eingesunkenen Augen schlüpfte die Retina mit dem Glaskörper untrennbar verbunden aus. Die Färbung der wohlerhaltenen Stäbchenschicht war hellviolet, an einzelnen Stellen bräunlich von eingelagertem Pigment (nicht von aufliegenden Pigmentzellen); 3 mm. breit fehlte die Färbung an der Ora serrata im ganzen Umkreise, ebenso in der Fovea centralis, nächst welcher der gelbe Fleck gut zu erkennen war. Das Haften des Glaskörpers machte die Herstellung eines ebenen, zur feineren Untersuchung der Fovea geeigneten Präparats unmöglich und da sich der sie enthaltende Lappen faltete, haben wir leider auf die Untersuchung der Fluorescenz in der Fovea ganz verzichten müssen. Im andern Auge riss die Retina im Umkreise der macula ab und das Herausnehmen des zurückgebliebenen Stückes misslang bei der Eile, zu der das unsichere Sonnenlicht nöthigte, gänzlich.

Zuerst wurde die Ora serrata mit der Zonula und der davon eingeschlossenen Linse in den Focus des zweimal gebrochenen übervioletten Lichtes gebracht. Die stark gelbliche Linse sah darin nicht, wie sonst im lebenden Auge, bläulichweiss, sondern weissgrünlich aus, die Retina ebenso, aber beträchtlich dunkler, besonders an der ungefärbten Ora serrata, wenig heller im äussern, hintern Umkreise der Ora, wo ein flüchtiger Blick den Anfang des Sehpurpurs vorher gezeigt hatte. Das Präparat wurde jetzt zerschnitten und das grössere Stück bis zum vollkommenen Schwinden des Sehpurpurs an die Sonne gehalten. Beide Stücke im Ueberviolet verglichen, zeigten sich sehr verschieden, die Fluorescenz im belichteten bedeutend verstärkt, aber nur soweit, als der Sehpurpur gereicht hatte, während der purpurfreie Theil der besonnten Ora von der dunkel gehaltenen gar nicht zu unterscheiden war. Da die Sonne sich hoffnungslos bedeckte, wurden die Präparate auf Porzellanplatten ausgebreitet, indem man Sorge trug, den Glaskörper nach unten zu bringen und jedes Ueberwallen auf die Stäbchenschicht zu verhindern, in welchem Zustande sie z. Th. nach gründlichster Belichtung sogleich mit Hülfe des continuirlichen Vacuums über SH_2O_4 im Dunkeln getrocknet wurden.

Als am 18. Dec. wieder Sonnenlicht zu haben war, zeigten die belichteten und die dunkel gehaltenen Stücke der Ora keine Unterschiede im Ueberviolet und ihre Fluorescenz war erheblich schwächer, als die der noch am tiefsten gefärbten Netzhautabschnitte der hinteren Augenhälften. Die letzteren fluorescirten etwas stärker und grünlicher, als wir es früher gesehen hatten. Bedeutend auffälliger war die Erscheinung an den belichteten Stücken und diese hatten dunklere Flecken, wo die Stäbchen stellenweis abgeschabt worden. Nach diesem Befunde glaubten wir annehmen zu müssen, dass die Netzhaut neben unverändertem Purpur überall etwas Sehweiss in den Stäbchen enthalten habe,

was aus der Belichtung des Auges vor dem Tode, vielleicht aus der dem Gaslicht vorausgegangenen Tageshelle im Beginne der Agone erklärt werden kann. Fluorescenz im Blau und im Violet, welche *v. Bezold* und *Engelhardt* (Ber. d. Acad. z. München, 7. Juli 1877 und klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV. Jhrg. S. 134) der Netzhaut intra vitam, ausser der seit *Helmholtz* bekannten im Ueberviolet, zuschreiben, haben wir weder an der getrockneten menschlichen Retina, noch an frischen gleichviel ob belichteten oder purpurnen Netzhäuten des Rindes, des Schweins und des Frosches nachweisen können. Es wird sich vielleicht noch Gelegenheit finden, die von *v. Bezold* und *Engelhardt* verwendete Methode zum Nachweise solcher Fluorescenz, über welche wir ausgedehnte Untersuchungen angestellt haben, eingehend zu erörtern und abweichende Ansichten darüber zu begründen.

Zu S. 78. Die Anatomie der Kaninchennetzhaut betr.

Es dürfte bekannt sein, dass die Stäbchenschicht im Kaninchenauge hinter dem Streifen der markhaltigen Nerven keine Unterbrechung erfährt. Die Netzhaut ist dort auch eben so purpurn, wie in dem ganzen oberen Theile des Auges und man erkennt ihren weissen Streifen daher an Präparaten, die mit der Vorderfläche auf eine weisse Unterlage angetrocknet worden, kaum. Im Lebenden reflectirt der weisse Balken allerdings sehr viel Licht, aber wenn man das Auge von hinten besieht, wird kein solcher Schatten bemerkbar, dass man den blinden Fleck des Kaninchens für so ausgedehnt halten dürfte, wie die Bündel der dunkelrandigen Nerven.

Zu S. 423. Die Löslichkeit des Sehpurpurs betr.

Da geschmolzenes Parafin das so wenigen Mitteln zugängliche Indigblau aufnimmt, wurden über SH_2O_4 getrocknete Netzhäute in grösserer Anzahl mit leicht schmelzbarem Parafin längere

Zeit bei 45° C. erhalten und öfter geschüttelt: es ging nichts Farbiges in das Parafin über. Längeres Erwärmen auf höhere Temperaturen entfärbte den Bodensatz; plötzliche Bleichung des Purpurs trat bei 80° C. ein. Unter Parafin von 40° C. befindliche Netzhäute wurden durch Licht allmählich entfärbt.

Zu S. 19. Vom Verhalten des Sehpurpurs und seiner photochemischen Zersetzungsprodukte zu Nerven und reizbaren Geweben.

Nach einer älteren Angabe (Arch. f. Anat. u. Physiol., 1859, S. 237) sind Lösungen krystallisirter Galle von 1—2 pCt. ohne erregende Wirkung auf motorische Froschnerven, und ebenso wirkungslos, bei flüchtiger Berührung am Querschnitte, auf den Muskel. Es war daher der Versuch zu machen, wie sich solche, an sich nicht reizende Cholatlösungen nach Aufnahme des Sehpurpurs und der übrigen aus Froschnetzhäuten damit extrahirbaren Stoffe gegen Nerven und Muskeln verhielten. Ich löste soviel Sehpurpur aus frischen Netzhäuten in 1 p.ct.iger Galle auf als aufgenommen wurde, filtrirte und tauchte den Nerven sehr erregbarer Froschschenkel in die Lösung. Dies bewirkte keine Zuckung, ebensowenig das Einhängen des grössten Theiles des Nerven während ½ Stunde, wenn das Präparat sich in einem gehörig feucht erhaltenen Raume befand; andernfalls erzeugte die am Nerven emporkriechende, durch Verdunstung concentrirter werdende Galle starke Zuckungen. Wurde die Purpurlösung gleich nach dem Eintauchen des Nerven oder erst nach längerer Zeit, wenn Imprägnirung der Gewebe damit anzunehmen war, statt wie bis dahin mit Natronlicht, mit der Magnesium-Flamme oder durch Sonnenstrahlen beleuchtet und gebleicht, so traten keine Zuckungen auf. Vorher gebleichte Purpurlösungen wirkten ebensowenig erregend auf den Nerven. Vom Muskelquerschnitte aus erzeugte die Lösung, gleichviel ob purpurn oder gebleicht, zuweilen Zuckung.

Eine Purpurlösung, durch mehrtägiges Dialysiren in der Kälte soweit von Galle befreit, dass sie nicht mehr bitter schmeckte, dann im Vacuum stark concentrirt, erregte weder den Nerven, noch den Muskel; Zutreten des Lichtes und Bleichung änderten daran nichts. Die Masse war übrigens nicht homogen, sondern bildete ein gallertiges Magma, worin mikroskopisch sog. Myelinformen zu erkennen waren.

Im Sinne der photochemischen Erregungshypothese wäre vielleicht ein anderer Ausfall dieser Versuche willkommen gewesen; ich muss aber bekennen, dieselben kaum in anderer Erwartung begonnen zu haben, da ich mir nicht vorstellen mochte, dass Substanzen, welche wie das Sehgelb und das Sehweiss nach der Hypothese **nur** zur Reizung der Stäbcheninnenglieder bestimmt sind, zu den groben Reizmitteln gehören, mit denen wir die Nervenfaser auf ihrem Verlaufe zu erregen vermögen. Die Annahme wäre ein ähnlicher Verstoss gegen die thatsächliche, ungeheure Differenz zwischen der Erregbarkeit sensibler Stämme und deren Endigung in den Sinnesorganen gewesen, wie es z. B. die Forderung ist, dass NH_3 die leitende Faser errege, weil wir den Körper riechen und schmecken.

Mit der Stäbchenseite auf der Zunge zerdrückte Froschnetzhäute erzeugten weder vor noch nach der Belichtung Geschmacksempfindung.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 6.

Durchschnitte der Stäbchen- und Epithelschicht der Netzhaut des Frosches. Erhärtung mit *Müller*'scher Lösung, später in Alkohol; Präparate in Canadabalsam.

Die Verschiedenheiten der Stäbchenlänge beruhen auf Unvollkommenheiten der Zeichnung.

Fig. 1—7 stellen Retinae dar, deren Pigmentschicht im Controlauge haftend gefunden wurde; davon waren die Stäbchen entsprechend Fig. 1, 2, 3 durch Licht gebleicht, Fig. 4 entspr. roth belichtet, nicht gebleicht, Fig. 5, 6, 7 im Dunkeln gehalten und purpurn.

Fig. 8—11 nach Präparaten, deren Controlauge die Retina vom Epithel gelockert zeigte. Fig. 8 entspricht dem belichteten und gebleichten Zustande, Fig. 9, 10, 11 Dunkelaugen.

Weiteres über die Behandlung der Augen vor dem Tode ist unter den Figuren angegeben.

Da die Zeichnungen dünnen Meridionalschnitten entsprechen, stellen sie nicht die ganze Umscheidung des Stäbchenquerschnittes mit Pigment dar.

Tafel 7.

Sonnenspectrum und Absorptionsspectra des Sehpurpurs und des Sehgelbs.

Bemerkungen über den Nachweis von Enzymen in der Unterkieferdrüse des Kaninchens.

Von **J. N. Langley,**
B. A. Fellow of Trinity College, Cambridge.

Schon im Anfange des vorigen Jahres (1877) habe ich einige Beobachtungen begonnen in der Absicht die Angaben *Nussbaum*'s über mikroskopische Erkennbarkeit der sog. Speichelfermente in der absondernden Drüse (Arch. f. Mikrosk. Anat. Bd. XIII p. 721) zu prüfen. Während mich äussere Umstände verhinderten dieselben ganz nach Wunsch durchzuführen, sind inzwischen Untersuchungen von *Grützner* (*Pflüger*'s Arch. Bd. XVI p. 105) über denselben Gegenstand erschienen. Meine Versuche können trotz ihrer Unvollkommenheit vielleicht die Beobachtungen *Grützner*'s, die sich auf die Unterkieferdrüse des Kaninchens beziehen, in einigen Punkten ergänzen.

Den Ausgang der *Nussbaum*'schen Arbeit bildet die Thatsache, dass das nach der *v. Wittich*'schen Methode bereitete amylolytische Submaxillarferment Osmiumsäure reducirt; geschlossen wurde daraus, die fermenthaltigen Theile der Drüsen müssten sich mit OsO_4 tief schwärzen und wenn man das Ferment aus der Drüse extrahire, müssten deren Ferment bildende Theile, mit OsO_4 behandelt, sich schwächer färben. Die Methode bestand darin, Stückchen der frischen, lebenswarmen Drüse bestimmte Zeit in OsO_4 von 1 pCt. zu legen und mit solchen zu vergleichen, welche nach 3tägiger Extraktion in Glycerin mit

oder ohne vorgängige Erhärtung durch Alkohol in OsO_4 gelegt worden. Gefunden wurden in den ersteren Präparaten sehr tief gefärbte Zellen, im Centrum der Alveolen gleich neben den Schaltstücken gelegen; an den letzteren mit Glycerin behandelten Objecten central gelegene Zellen von gleich schwacher Färbung, wie die peripherischen, am Rande der Alveolen befindlichen. *Nussbaum* folgert hieraus, dass die inneren Drüsenzellen, die ich aus noch zu erwähnenden Gründen „Uebergangszellen" nennen will, das Ferment bereiten und dass die äusseren Zellen der Läppchen an der Fermentbildung keinen Antheil nehmen.

Indem ich einstweilen von der Nothwendigkeit des Schlusses absehe, möchte ich die Thatsachen, woraus der letztere gezogen, erörtern. Ich kann mit der von *Nussbaum* gegebenen Beschreibung nicht ganz übereinstimmen, denn wenn man die Drüse nur mit OsO_4 behandelt und Schnitte davon anfertigt, findet man einige Zellen, welche dem Theile des Läppchens gleich nach dem Schaltstücke angehören, zwar tiefer gefärbt, als die peripherischen, aber es war mir unmöglich auf Querschnitten Färbungsdifferenzen zwischen den Uebergangszellen und denen der Schaltstücke zu constatiren. In allen Fällen färben sich die Zellen der Drüsengänge am tiefsten, weniger intensiv die Uebergangszellen und die der Schaltstücke, am wenigsten die peripherischen der Läppchen. Nach *Nussbaum* sollen die Schaltstücke aus kleinen verlängerten Zellen (vgl. seine Abbildungen) zusammengesetzt sein und diese plötzlich, wie *v. Ebner* es zuerst beschrieben, in die grossen peripherischen Zellen, ohne Zwischenstufe übergehen, während mir die die Schaltstücke zusammensetzenden Zellen nur wenig länglich und nach Grösse und Aussehen in die Zellen des Läppchens überzugehen scheinen. Ich finde es deshalb schwer zu entscheiden, ob gewisse Zellen zum Schaltstücke oder zur Alveole gehören, und nenne sie daher Uebergangszellen, als welche sie die Beschaffenheit der Gangepithelien OsO_4 zu reduciren bis zu einem gewissen Grade beibehalten.

Kommen die Drüsenstückchen erst nach Glycerinextraktion, gleichviel ob vorher mit Alkohol behandelt oder nicht, in OsO_4, so findet man, dass alle Zellen, welche sonst davon geschwärzt werden, sich jetzt in viel geringerem Grade färben, aber nicht nur die Uebergangszellen, sondern auch die der Schaltstücke und der Gänge. Die Differenz der ersteren und der peripherischen in den Läppchen wird dadurch geringer, aber es hat mir nach dreitägigem Liegen der Stückchen in Glycerin nie so gelingen wollen, wie *Nussbaum*, Gleichheit der Tinktion zu erzielen. Möglicherweise ist dies nach viel längerer Behandlung mit Glycerin, als bisher geschehen, jedoch der Fall. Nach meinen Beobachtungen müssen also alle zelligen Elemente der Drüse, mit Ausnahme des eigentlichen Alveolenepithels, eine oder mehrere Substanzen enthalten, welche OsO_4 energisch reduciren, und vom Glycerin entweder gelöst oder chemisch verändert werden.

Eine solche Substanz wird von *Nussbaum* in den Gängen nicht angenommen; in den Schaltstücken hat er sie nicht beobachtet und in den Uebergangszellen, wo er sie fand, erklärte er sie für das amylolytische Ferment. Ist das Letztere richtig, so kommt man mit dem, was ich über die thatsächliche Ausdehnung der OsO_4-Reaction fand, zu dem wenig annehmbaren Schlusse, dass nicht die eigentlichen Drüsenzellen oder das Epithel der Alveolen, sondern die Gangepithelien vorzugsweise das Enzym bereiten, und in geringerem Grade die Zellen der Schaltstücke und die Uebergangszellen.

Mit der folgenden Methode habe ich versucht hierüber zu entscheiden. Vier möglichst kleine Stücke aus der Gl. submaxillaris eines eben getödteten Kaninchens wurden vorbereitet:

a. Durch Einlegen in OsO_4 von 1 pCt. während 2 Stunden,
b. mit absolutem Alkohol während 24 Stunden, Einlegen während 3 Tagen in starkes, reines Glycerin und 2stündiger Behandlung mit OsO_4 von 1 pCt.,

c. wie b, aber ohne Glycerin, nach möglichster Entfernung des Alkohols, durch 2stündige OsO_4-Wirkung,

d. durch Einlegen in Glycerin während 2 Tagen und nachfolgende 2stündige Behandlung mit OsO_4.

Wenn das Entfernen des Fermentes im Sinne *Nussbaum*'s einzig und allein die Färbungsunterschiede solcher Präparate bedingte, so mussten a und b, aus welchen es nicht entfernt worden, und b und d, die es beide hergegeben hatten, gleich sein; gab es aber mehrere Ursachen, welche Verschiedenheit der Färbung bedingen, unter denen die An- oder Abwesenheit des Fermentes eine war, so brauchte a nicht ähnlich mit c zu sein, aber c musste verschieden von b sein, weil das Ferment aus c nicht durch Glycerin, wohl aber aus b entfernt worden.

In der That enthielt ausschliesslich das in der gewöhnlichen Weise frisch mit OsO_4 behandelte Stückchen a die beschriebenen tief gefärbten Zellen; alle übrigen Stücke, b c d zeigten mässig gefärbte Gangepithelien, schwach gefärbte Schaltstücke und Uebergangszellen und kaum bemerkbare Färbung der Alveolenzellen. Dass es thatsächlich keinen Unterschied zwischen c und b gab, erwies schon, dass die Abnahme der OsO_4-Reaction von dem Entfernen des Fermentes unabhängig sei.

Als ich diese Beobachtungen anstellte, ging ich, wie *Nussbaum*, von der Meinung aus, dass es ein Ferment in der Unterkieferdrüse des Kaninchens gebe, und ich glaubte an irgend welche Ungeschicklichkeit meinerseits, als es mir niemals gelingen wollte amylolytische Wirkungen mit den Glycerinextrakten dieser Drüse zu erhalten. Ich sehe jetzt, dass ich zu denselben Resultaten, wie *Grützner* gekommen bin und ein Material vor mir hatte, das keine amylolytische Wirkungen besass. Meine Beobachtungen würden aber auch ohne diesen Umstand hinreichen, die *Nussbaum*'schen Folgerungen zu erschüttern, und für den Fall, dass irgend welche Enzyme in der Unterkiefer-

drüse des Kaninchens noch nachgewiesen werden, zeigen, dass die OsO_4-Reaction nicht auf dergl. zu beziehen ist, wenn man nicht das Unwahrscheinlichste annehmen will, nämlich, dass solche Stoffe dem Gewebe auch durch absoluten Alkohol zu entziehen seien.

Zur Physiologie der Speichelabsonderung.

Von J. N. Langley.

I. Vom Einflusse der Chorda tympani und des N. sympathicus auf die Absonderung der Unterkieferdrüse der Katze.

In den zahlreichen Abhandlungen von *Ludwig*, *Cl. Bernard*, *Heidenhain*, *Eckhard*, und andern Forschern über die Speichelabsonderung habe ich keine Bemerkungen gefunden, die hervorheben, dass die Erscheinungen der Absonderung bei der Katze sich wesentlich von denen beim Hunde unterscheiden, und es wird, glaube ich, gewöhnlich angenommen, dass die ganze Reihe der über den Einfluss secretorischer Nerven beim Hunde ermittelten Thatsachen auch bezüglich der Unterkieferdrüse anderer Thiere, soweit dieselbe schleimhaltig ist, gelten. Es gibt indessen ausser den Unterschieden, welche die geringere Entwicklung der Schleimzellen bei der Katze erwarten liess, andere, die nicht unberücksichtigt bleiben dürfen, wenn man gründliche Einsicht in die Erscheinungen der Speichelabsonderung haben will. Auf solche wünsche ich in dieser Abhandlung die Aufmerksamkeit zu lenken.

Beim Hunde ist bekanntlich der durch Reizung des N. sympathicus erhaltene Speichel überaus zähe und enthält viel Schleim, während der durch Erregung der Chorda tympani erhaltene mehr oder weniger wässerig ist und weit geringere Mengen Mucin enthält. Bei der Katze ist der Sympathicusspeichel

weniger zähe, als der Chordaspeichel. Es ist also bei der Katze das Gegentheil von dem der Fall, was beim Hunde die Regel ist, doch ist gleich hinzuzufügen, dass beide Speichelarten der Katze dünnflüssiger sind, und dass die zäheste Chordaabsonderung nichts ist im Vergleiche zu der bekannten dickflüssigen Beschaffenheit des Sympathicusspeichels vom Hunde. Der aus der Canüle fliessende Speichel der Katze kann in normalem Zustand niemals zu langen Fäden ausgesponnen werden, wie jener, und enthält auch nur eine geringe Menge Mucin, aber er ist niemals nach Chordareizung so wässerig, wie das höchst verdünnte Secret, welches Sympathicusreizung erzeugt. Die Verschiedenheit zwischen beiden Thieren betrifft also hauptsächlich die sympathische Absonderung: bei dem einen ist diese constant zähe, bei dem andern wässerig. Es ist hierfür gleichgültig, ob der Stamm des Sympathicus am Halse, oder ob die Fäden, welche aus dem obern Halsganglion in Begleitung der Gefässe zur Drüse gehen, gereizt werden. Von *Heidenhain* (Studien a. d. Physiol. Inst. zu Breslau, 1864) ist zwar erwiesen, dass beim Hunde der Sympathicusspeichel nach stundenlangem Reizen und Fliessen zuletzt wässrig wird, aber dies steht nicht im Widerspruche zu den erwähnten normalen Verschiedenheiten zwischen Hund und Katze, da vom normalen Sympathicusspeichel des Hundes nie behauptet wird, dass er wässerig sei, noch weniger, dass er es mehr sei, als der Chordaspeichel.

Heidenhain hat noch auf einen andern die Chorda und den Sympathicus betreffenden Umstand hingewiesen, von dem man angenommen hat, dass er eine gründliche Verschiedenheit in der Organisation oder in dem Verhältnisse dieser Nerven zur Drüsenzelle beweise. Er zeigte, dass eine sehr kleine Dosis (10—15 mgr.) Atropinsulfat die Chorda vollständig lähme, während eine grosse Dosis des Giftes den Einfluss des gereizten Sympathicus nicht verhindere. Dies ist so vielfach bestätigt, dass man an der Ver-

schiedenheit der Giftwirkung auf die beiden Nerven nicht zweifeln kann, aber Versuche, die ich angestellt habe, lassen mich glauben, dass es eine Verschiedenheit des Grades, nicht der Art sei. Wie dies übrigens sich verhalten möge (und es ist ein Gegenstand, auf den ich später zurückzukommen hoffe), so findet eine bemerkenswerthe Verschiedenheit statt: 15 mgr. Atropin in die Vena cruralis des Hundes gespritzt lähmen die Chorda mit Sicherheit, während 100 mgr. auf dieselbe Weise eingeführt, den Sympathicus nicht lähmen. Bei der Katze hingegen lähmt Atropin alsbald sowohl die sympathische Absonderung, wie die der durch die Chorda bewirkten.

Eine sehr geringe Menge Atropin, gewöhnlich 3—6 mgr. des Sulfates, genügen zur Wirkung bei der Katze; für den Sympathicus scheint eine etwas grössere Dosis nöthig, um die Wirkung von den zwischen Ganglion und Drüse befindlichen Fäden zu hindern, als um den Erfolg vom Halsstamme aufzuheben. Bei einem Versuche wollte der Stamm des Nerven nach Vergiftung mit 10 mgr. keine Absonderung mehr hervorbringen, während man sie von den oberen Fäden noch erhielt und dies dauerte unter allmählicher Abnahme des Speichelflusses fort bis 25 mgr. eingespritzt waren; dann war alle weitere Reizung vergebens. Im Augenblick will ich diese Verschiedenheit nicht verfolgen, sondern die Thatsache, dass 10—30 mgr. Atropin sowohl den Sympathicus, wie die Chorda lähmen. Ich darf darauf hinweisen, dass dieselbe die Richtigkeit der Folgerung, die man aus den Verhältnissen beim Hunde gezogen, einigermassen schwächt, der Annahme nämlich, dass das Atropin auf einen gewissen Theil der Chordafasern, wahrscheinlich deren Endigung, wirke, aber die Speichelzelle unberührt lasse, da dieselbe eben noch vom Sympathicus aus erregt und zur Thätigkeit veranlasst werden konnte. Nimmt man jedoch auf die an der Katze beobachteten Thatsachen Rücksicht, so wird der Beweis, dass Atropin nur

auf Nervenenden, nicht auf die secretorische Zelle wirke, hinfällig und wenn sich beim Hunde auch nur graduelle Verschiedenheit der Giftwirkung auf die beiden Secretionsnerven herausstellt, wie ich glaube, dass es noch geschehen wird, so muss man auf weitere Versuche denken, um festzustellen, ob das Gift blos auf Nervenenden und in Folge von Verschiedenheiten im Baue dieser, auf die der Chorda anders als auf die sympathischen wirke, oder ob es nicht auch die Speichelzellen angreift, grade wie es im höchsten Grade wahrscheinlich ist (vergl. Journ. f. Physiol. und Anat. 1875, Vol. X p. 187), dass es nicht nur auf motorische Nerven, sondern auch auf das Muskelgewebe wirke.

Es ist bis jetzt der Wirkung gleichzeitiger Reizung der beiden Absonderungsnerven der Unterkieferdrüse wenig Aufmerksamkeit geschenkt. *Czermak* (Wien. Sitz.-Ber. Math.-Ntrw. Cl. XXX. 1857) gelangte zu dem Schlusse, dass der Sympathicus ein Hemmungsnerv für die Chorda sei und diese Ansicht ist von *Kühne* (Physiol. Chem.) etwas verändert und weiter entwickelt worden: er stellt die beiden Nerven als einander entgegenwirkend dar, so dass keine Absonderung erfolgen würde, wenn die Chorda und der Sympathicus gleichzeitig mit electrischen Reizen behandelt werden, welche von jedem einzelnen allein grade Absonderung hervorbrächten. Hiervon ergiebt sich bei der Katze auch das Gegentheil. Bei der Katze hemmen minimale wirksame Reize, wenn sie gleichzeitig auf die Chorda und auf den Sympathicus angewendet werden, einander nicht, sondern der Betrag der Absonderung ist wenigstens gleich der Summe der Beträge der Einzelreizungen.

Ich darf die Einrichtungen beschreiben, welche getroffen wurden, um die Gleichheit der Reizungen möglichst zu sichern. Es wurden 2 Schlitteninductorien benutzt, von denen eins mit den Electroden für die Chorda, das andere mit den zur Reizung

des Sympathicus dienenden verbunden wurde. In beiden Kreisen befanden sich Schlüssel als Nebenschliessung. Statt durch den *Neef*'schen Hammer wurde der Strom in der primären Spirale mittels einer Stimmgabel von 30 Schwingungen per Secunde unterbrochen. Zu dieser ging der Strom von 2 *Daniel*'schen Elementen, weiter durch den Quecksilbercontact zum einen primären Drahte, von diesem zum andern und durch die Spirale über und unter den Enden der Stimmgabel zur Säule zurück. Der Quecksilbercontact geschah durch die *Kronecker*'sche Einrichtung. So konnte man sicher sein, immer dieselbe zeitliche Unterbrechung und Reizfolge zu haben, während die gute Amalgamirung der Zinke in den Elementen für Constanz des Stromes in der kurzen Zeit jeder vergleichenden Beobachtung sorgte.

Für die Reizung der Secretionsnerven bedurfte es im Allgemeinen solcher Rollenabstände, dass man von den an die Zungenspitze gelegten Electroden grade merkliche Empfindungen erhielt. Dies geschah bei Annäherung der secundären Spirale meiner Vorrichtung an die primäre auf 10—11,5 Ctm. Um den Erfolg an der Drüse zu erkennen, wurden entweder die Tropfen beobachtet und gezählt, welche aus der Canüle fielen oder das Vorschreiten des Speichels in einer damit verbundenen Röhre von geringem Lumen, welche eine Millimetertheilung trug.

Die Thiere waren entweder mit Chloroform oder mit Chloroform und Morphin oder mit Chloroform und Curare immobilisirt und narkotisirt. Der N. sympathicus wurde meist durchschnitten. Die gewöhnliche Methode bestand darin, den N. lingualis grade vor der Zunge abzubinden, ihn hinter der Ligatur durchzuschneiden, mit der Chorda eine Strecke weit zu isoliren und darauf die vom Tympanico-lingualis abgetrennte Chorda auf die Electroden zu bringen. Die letzteren waren entweder die *Ludwig*'schen etwas modificirten, bei deren Gebrauch die Wunde vernäht wurde, oder gewöhnliche Platinelectroden, auf denen der Nerv zu Tage lag.

Ich reizte die Nerven während einer bestimmten kürzeren Zeit, z. B. 30 Sec., und ermittelte durch Verminderung des Rollenabstandes am Schlittenapparate die Stellung, bei welcher eine Absonderung merklich wurde. Als ich für jeden Nerven diesen minimalen Reiz und die ihm folgende Secretion ermittelt hatte, wurden beide Nerven gleichzeitig während derselben Zeit (30 Sec.) gereizt und die während dieser Zeit stattfindende Secretion notirt. Die Reizungen der einzelnen Nerven wurden dann nach einander nach Verlauf von 1—2 Min. wiederholt.

Wie oben schon gesagt wurde, war der Erfolg hinsichtlich der abgesonderten Menge bei den beide Nerven zusammen betreffenden Reizungen immer wenigstens gleich der Absonderung der beiden Einzelreizungen; ich sage wenigstens, denn sie übertraf fast immer die Summe und ich glaube, dass da, wo die Einzelreizungen wirklich minimale sind, ihre gleichzeitige Wirkung mehr als die genannte Summe fördert. Wo das Reizminimum ein wenig überschritten wird, ist der Betrag der Doppelreizung zuweilen etwas grösser oder kleiner, als die erwartete Summe, aber in allen Fällen grösser, als die von einem Nerven aus zu erzielende Speichelmenge. Diese Abweichungen sind aus vielen Gründen zu erwarten, weil der Erfolg eines unveränderten Reizes von manchen nicht zu beherrschenden Umständen abhängig ist, von den Folgen des Querschnittes am Nerven, von der Bloslegung, von vorhergehenden Reizen und von Aenderungen der Reizbarkeit des absondernden Gewebes.

Wenn die Reizungen die minimale weiter überschreiten, bringt gleichzeitige Erregung geringere Wirkung hervor, als der Summe der einzelnen entspricht, und wenn sie stark sind, ist der Betrag der ersteren nicht nur geringer, als jene Summe, sondern auch geringer als der durch Reizung der Chorda allein hervorgebrachte, obschon grösser als der vom Sympathicus aus bekommene. Mit starken Strömen erhält man also eine augen-

scheinliche Hemmungswirkung vom Sympathicus auf die Chorda, aber keine umgekehrte von dieser auf jenen.

Berücksichtigt man nun, dass die Erregung beider Nerven trotz des eben Gesagten stets grössere Wirkungen hervorbringt, als die Reizung des Sympathicus für sich, und dass bei schwächeren Reizen zweifellos Summation der Wirkungen besteht, so bin ich sehr der Ansicht, dass die scheinbare Hemmungswirkung des Sympathicus auf die Chorda keine unmittelbare, sondern eine mittelbare ist, nämlich eine Folge der starken Verengung der Arterien und der verminderten Menge des durch die Drüse fliessenden Blutes, welche stattfindet, wenn der Sympathicus stark gereizt wird, was, wie *Ludwig* und *Frey* (Arbeiten d. physiol. Anst. z. Leipzig, 1877) bewiesen haben, bei Reizung beider Nerven mit Maximalströmen geschieht.

Die folgenden Versuche mögen dazu dienen die Wirkung der gleichzeitigen Reizung klar zu machen.

Versuch I. Katze mässiger Grösse, chloroformirt unter einer Glasglocke; nachdem das Thier aufgebunden 1 C. C. Morphin von 5 pCt. unter die Haut gespritzt, der N. tympanicolingualis abgebunden, peripherisch von der Ligatur präparirt; Chorda etwa 1 Ctm. lang isolirt; der Sympathicus am Halse durchschnitten, Reizapparat, wie vorhin beschrieben. 11 U. 37. Chorda gereizt; Rollenabstand nacheinander = 30, 25, 20, 17 Ctm. Dauer jeder Reizung 30 Sec. Intervall ebenfalls 30 Sec.: in keinem Falle Absonderung.

11 U. 41 Min. Rollenabstand 16 Ctm. 30 Sec. gereizt; in etwa 20 Sec. geringe Absonderung.

11 U. 42 Min. Wiederholung. in 60 Sec.: geringe Absonderung.

11 U. 45 Min. Rollenabstand 14 Ctm. 30 Sec. Sympathicus gereizt: geringe Absonderung.

11 U. 46 Min. Rollenabstand unverändert, beide Nerven gleichzeitig gereizt. Speichelfluss reichlicher als vorher.

11 U. 51 Min. Wiederholte gleichzeitige Reizung 45 Sec. dauernd: der Speichel füllt fast das Rohr.

11 U. 53 Min. Sympathicus allein gereizt. 45 Sec.: sehr geringe Absonderung.

11 U. 54 Min. Chorda allein gereizt, in 45 Sec.: nur $^1/_3$ der Röhre mit Speichel gefüllt.

11 U. 56 Min. Beide Nerven gereizt. 45 Sec.: $^3/_4$ der Röhre gefüllt.

11 U. 58 Min. Chorda allein gereizt. 45 Sec.: $^1/_3$ der Röhre gefüllt.

11 U. 59 Min. Sympathicus allein gereizt. 55 Sec.: keine Absonderung.

Versuch II. Katze von mässiger Grösse. Einrichtungen und Vorbereitungen, wie in Versuch I, aber der Sympathicus blieb undurchschnitten. Die Absonderung wurde an einer Röhre mit engem Lumen und Millimetertheilung abgelesen, welche mit der Canüle im *Wharton*'schen Gange durch ein kurzes ┬Stück verbunden war. Es wurde eine Abänderung der *Ludwig*'schen Electroden gebraucht.

Zeit.	Gereizter Nerv.	Rollenabstand am Schlitten in Ctm.		Zeit der Reizung in Sec.	Vorschreiten des Speichels während der Reizzeit in Mm.
		für die Chorda.	für den Sympath.		
12. 46.	Chorda	25	—	12	0
12. 47.	Chorda	23	—	12	0
12. 48. 30″	Chorda	21	—	12	24
12. 50. 30″	Sympathicus	—	17	12	0
12. 51. 30″	Sympathicus	—	13	12	19
12. 53. 30″	Chorda u. Sympath.	21	13	12	40
12. 55.	Chorda	21	—	12	30
12. 56. 30″	Sympathicus	—	13	12	20
12. 58.	Chorda u. Sympath.	21	13	12	45
1. 8.	Chorda	17	—	48	20
1. 10.	Sympathicus	—	14	48	25
1. 12.	Chorda u. Sympath.	17	14	48	30
1. 17.	Chorda	15	—	36	60
1. 19.	Sympathicus	—	12	36	55
1. 21.	Chorda u. Sympath.	15	12	36	75

Versuch III. Katze von mässiger Grösse. Bedingungen wie in II. Das Thier bekommt nach dem Aufbinden 2 C. C. Curare von 2 pCt. unter die Haut.

Zeit.	Gereizter Nerv.	Rollenabstand am Schlitten in Ctm.		Zeit der Reizung in Sec.	Vorschreiten des Speichels während der Reizzeit in Mm.
		für die Chorda.	für den Sympath.		
1. 59.	Chorda	12.	—	18	1
2. 0.	Sympathicus	—	16.	18	0
2. 1.	Chorda u. Sympath.	12.	16.	18	4
2. 3.	Chorda	11. 5	—	18	8. 5
2. 4.	Sympathicus	—	15. 5	18	0
2. 5.	Chorda u. Sympath.	11. 5	15. 5	18	10
2. 7.	Chorda	11. 5	—	18	6
2. 9.	Chorda u. Sympath.	11. 5	15. 5	18	7
2. 10.	Sympathicus	—	15. 5	18	0
2. 12.	Sympathicus	—	14. 5	18	0
2. 13.	Sympathicus	—	14.	18	0
2. 14.	Sympathicus	—	12.	18	7
2. 15.	Chorda	11.	—	18	9
2. 17.	Chorda u. Sympath.	11.	12.	18	27
2. 24.	Chorda	10.	—	18	21
2. 26.	Sympathicus	—	11.	18	12
2. 28.	Chorda u. Sympath.	10.	11.	18	29
2. 46.	Chorda	8.	—	36	56
2. 48.	Sympathicus	—	9.	36	30
2. 50.	Chorda u. Sympath.	8.	9.	36	42
2. 52.	Chorda	8.	—	36	47
2. 55.	Sympathicus	—	9.	36	10
2. 57.	Chorda u. Sympath.	8.	9.	36	34

In Versuch III wird vielleicht auffallen, dass in einigen Fällen, wo Sympathicusreizung allein keine Absonderung bewirkte, die Speichelsecretion bei Mitreizung der Chorda grösser war, als nach Chordareizung allein. Ich habe dies nicht selten bemerkt, wenn die Reize an den einzelnen Nerven für sich unterminimale waren, und es ist mir nicht unwahrscheinlich, dass solche nicht genügende Reize, welche keine Secretion einleiten können, fähig sind die Absonderung zu vermehren, wenn dieselbe einmal

begonnen hat[1]); dass die Erscheinung keine Folge einer im Versuch geänderten Erregbarkeit der Nerven ist, scheint mir hinlänglich durch die Thatsache bewiesen, dass sie constant viele Male hintereinander vorkommt.

Die Hauptresultate der an der Katze angestellten Beobachtungen lassen sich zusammenfassen, wie folgt:

1. Der Sympathicusspeichel ist wässriger, als der Chordaspeichel.
2. Die Innervation der beiden Nerven wird durch Atropin gelähmt.
3. Sympathicus und Chorda sind bei Minimalreizungen keine gegeneinander wirkende Nerven und wo der Sympathicus der Chorda bei Maximalreizen entgegenwirkt, is dies scheinbar und wahrscheinlich eine Folge des verminderten Blutvorrathes.

Mit anderen Worten: 1) die Verbindung der secretorischen Fasern des Sympathicus mit der Drüsenzelle ist von etwas verschiedener Art bei der Katze, als beim Hunde, eine Verschiedenheit, welche der lähmenden Wirkung des Atropins günstig ist. 2) Durch einen Nerven geleitete Impulse (schwache) wirken auf die damit verbundene Zelle, gleichviel ob ein anderer damit verbundener Nerv thätig ist oder nicht.

Schliesslich wünsche ich Herrn Prof. *Kühne* meinen besten Dank für die mir während der vorstehenden Untersuchungen in seinem Laboratorium erwiesene grosse Freundlichkeit auszusprechen.

---

[1]) Ich habe einige Versuche mit dem Sympathicus, wie mit der Chorda angestellt um zu probiren, ob ein Minimalreiz nicht die Wirkung hervorbringe, dass ein unmittelbar darauf folgender schwächerer Reiz den Erfolg vermehrt, und bis jetzt mit bejahendem Resultate.

Berichtigung.

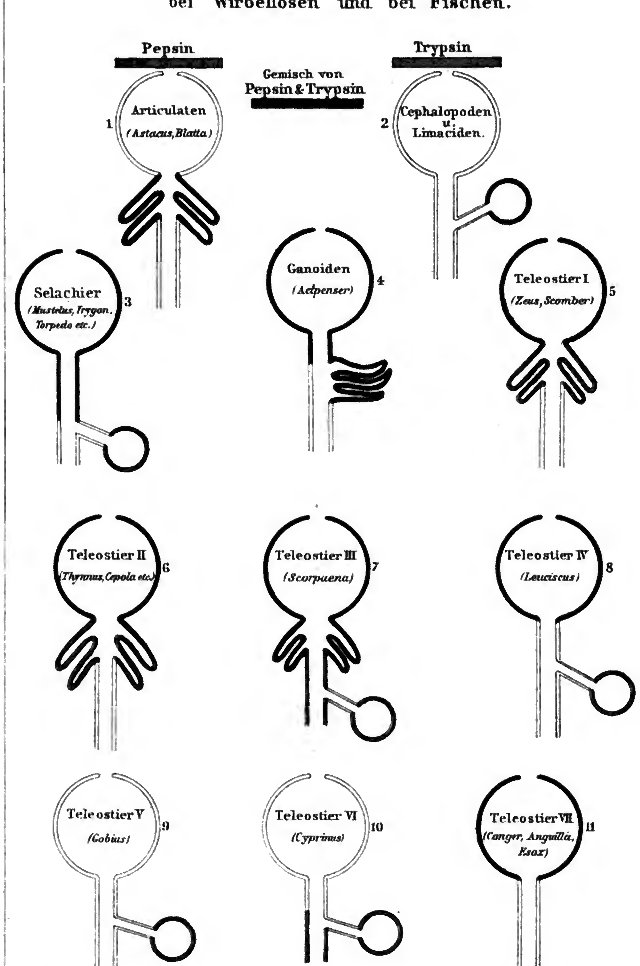
S. 335 Zeile 11 lies hinter „Fluorescenz“: „oder Dichroismus“.

Inhaltsverzeichniss des ersten Bandes.

Seite

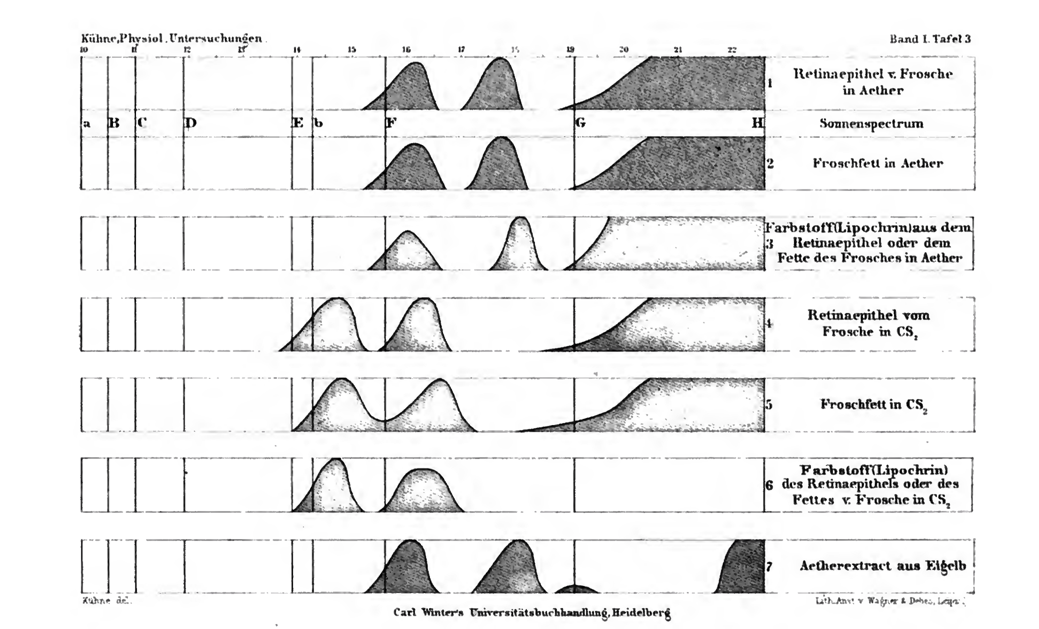
Zur Photochemie der Netzhaut (2. Abdruck) von *W. Kühne* . . . 1
Nachschrift 11
Ueber den Sehpurpur von *W. Kühne* 15
Ueber die Verbreitung des Sehpurpurs im menschlichen Auge von *W. Kühne* 105
Weitere Beobachtungen über den Sehpurpur des Menschen v. *W. Kühne* 109
Zur Chemie der Altersveränderungen der Linse von Dr. med. *M. Knies* 114
Das Sehen ohne Sehpurpur von *W. Kühne* 119
Untersuchungen über den Sehpurpur von *A. Ewald* und *W. Kühne* 139
I. Analyse der Retinafarbe 140
Spectralanalyse 149
Farbenanalyse der Purpurlösung 158
Spectralanalyse der Purpurlösung 163
Rückblick auf die Ergebnisse der Farbenanalyse 166
Von der Fluorescenz der Retina und des Sehpurpurs . . . 169
Von der Zersetzung der Stäbchenfarbe und des Sehpurpurs durch spectrale Betrachtung 185
Kurze Anleitung zur Verwendung der Verdauung in der Gewebsanalyse von *W. Kühne* 219
Ueber die Darstellung von Optogrammen im Froschauge von *W. Kühne* 225
Eine Beobachtung über das Leuchten der Insectenaugen von *W. Kühne* 242
Untersuchungen über den Sehpurpur (Fortsetzung) von *A. Ewald* und *W. Kühne*.
II. Entstehung der Retinafarbe 248
Von der Autoregeneration 249
Von der epithelialen Regeneration 255
Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente v. *W. Kühne* 291
Nachtrag zur Geschichte des Trypsins 325
Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen von *C. Fr. W. Krukenberg* 327
Ueber lichtbeständige Farben der Netzhaut von *W. Kühne*. (Unter Mitwirkung von Dr. *W. C. Ayres* aus New-Orleans) 341
Untersuchungen über den Sehpurpur (Schluss) v. *A. Ewald* u. *W. Kühne*.
III. Veränderungen des Sehpurpurs und der Retina im Leben . . 370
Vom Einflusse des farbigen Lichtes auf den Sehpurpur des lebenden Auges 395
Vom Verhalten des Pigmentepithels im Lichte 411
IV. Zur Chemie des Sehpurpurs 422
Das Sehgelb 431
Enthält der Sehpurpur Eisen? 438
Vom Einflusse der Temperatur auf den Sehpurpur 440
Vom Einflusse der Temperatur auf die Lichtbleiche 444
Chemische Einflüsse auf die Lichtbleiche 450
Nachträge zu den Abhandlungen über Sehpurpur von *W. Kühne* 455
Bemerkungen über den Nachweis von Enzymen in der Unterkieferdrüse des Kaninchens von *J. N. Langley* 471
Zur Physiologie der Speichelabsonderung von *J. N. Langley* . . . 476

Schemata der Verbreitung der Verdauungsenzyme bei Wirbellosen und bei Fischen.



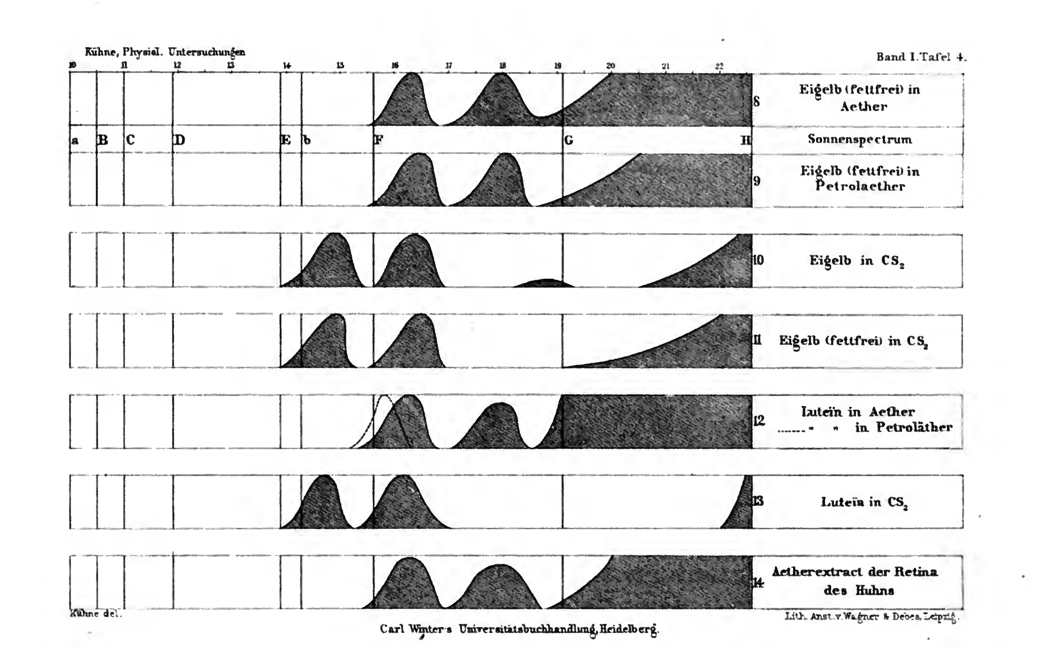
Krukenberg fecit. Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.

C. Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.



Kühne del.
Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg

Digitized by Google

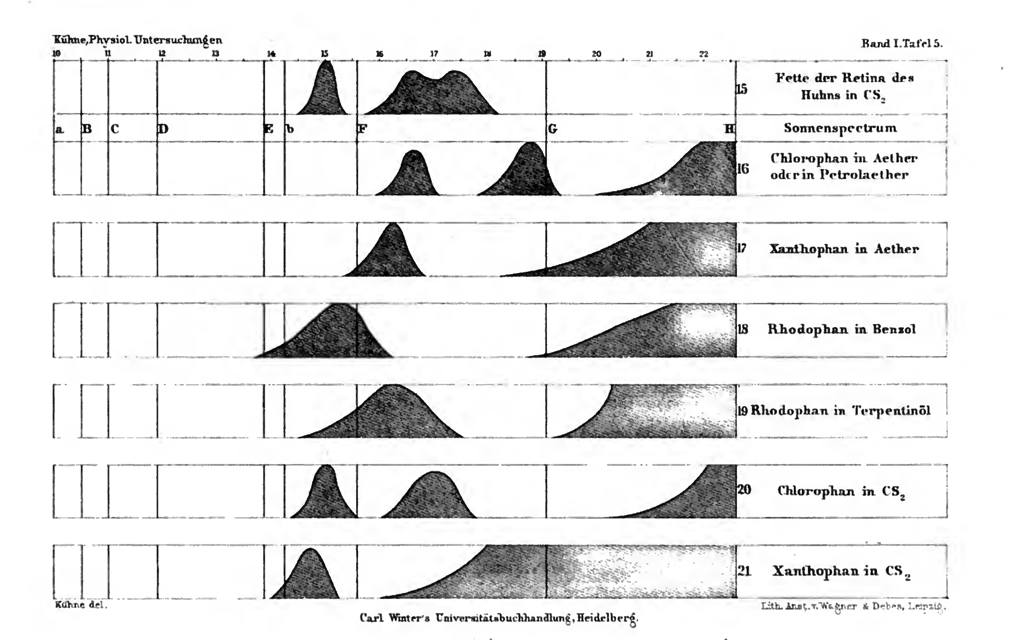


Kühne del.

Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.

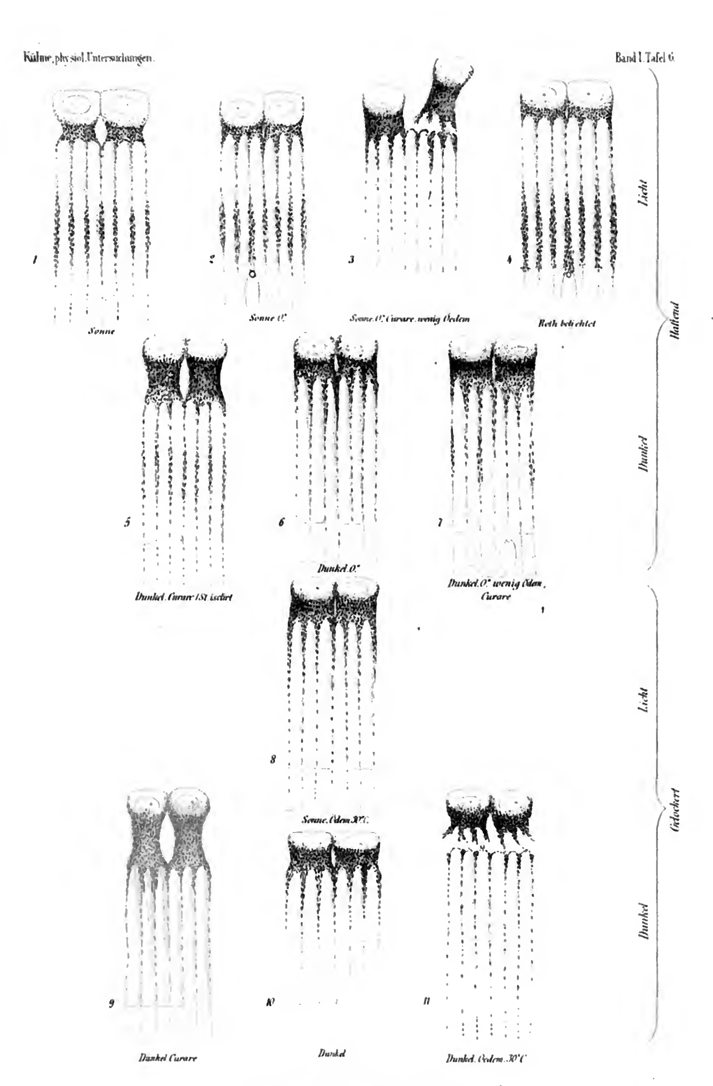
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

Digitized by Google

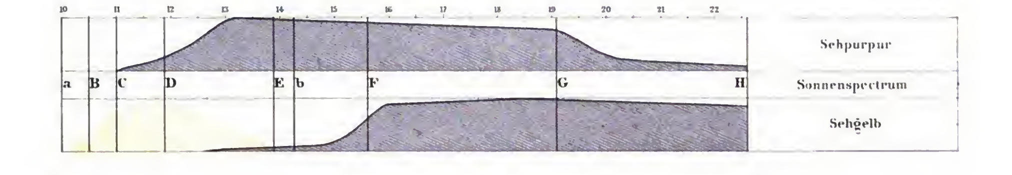


Kühne del.
Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

Digitized by Google



Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg.



Kühne del.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

Lith. Anst. v. Wagner & Debes, Leipzig.

Digitized by Google

In *Carl Winter's Universitätsbuchhandlung* in *Heidelberg* sind neu erschienen:

Der Einfluss des Lichtes auf den elektrischen Leitungswiderstand von Metallen. Habilitationsschrift, der hohen philosophischen Facultät zu Heidelberg vorgelegt von Dr. **Richard Börnstein,** Assistent am physikalischen Institut der Universität. gr. 8°. brosch. 1 M. 60 Pf.

Phenol, Thymol und Salicylsäure als Heilmittel der Brutpest der Bienen. Vom XXI. Congresse deutscher und österreichischer Bienenzüchter zu Breslau durch ein Ehrendiplom ausgezeichnete Schrift. Von Dr. **C. O. Cech.** gr. 8°. brosch. 60 Pf.

Die internationale Ausstellung wissenschaftlicher Apparate zu London. Mit besonderer Berücksichtigung der chemischen Gruppe. Von Dr. **C. O. Cech.** gr. 8°. brosch. 1 M. 60 Pf.

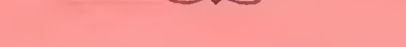
Die gebräuchlichsten Receptformeln der medicinischen Klinik zu Heidelberg. Zusammengestellt v. Dr. **Paul Fürbringer,** klin. Assistenzarzt und Privatdozent an der Universität Heidelberg. 16°. brosch. 1 M. 60 Pf., in Leinwand gebunden und mit Papier durchschossen 2 M. 20 Pf.

Das systolische Hirngeräusch der Kinder. Historische und klinisch-anatomische Untersuchungen von Dr. **A. Jurasz,** I. Assistenzarzt an der medicinischen Poliklinik und Privatdozent an der Universität Heidelberg. gr. 8°. brosch. 2 M. 80 Pf.

War Göthe ein Mitbegründer der Descendenztheorie? Eine Warnung vor E. Häckel's Citaten. Von **Robby Kossmann,** Professor an der Universität Heidelberg. Zweiter vermehrter Abdruck. 8°. brosch. 80 Pf.

Lehrbuch der Gährungschemie in elf Vorlesungen als Einleitung in die Technologie der Gährungsgewerbe im Anschluss an sein Lehrbuch der Agrikulturchemie in 40 Vorlesungen zum Gebrauch an Universitäten und höheren landwirthschaftlichen Lehranstalten, sowie zum Selbststudium von Dr. **Adolf Mayer,** Professor an der Rijkslandbouwschool, Vorstand der landw. Versuchsstation Wageningen, Holland. Mit 23 Holzstichen. Zweite durch einen Nachtrag vermehrte Ausgabe. gr. 8°. brosch. 6 M.

Unser Sonnenkörper nach seiner physikalischen, sprachlichen und mythologischen Seite hin betrachtet von Dr. **Schmidt,** Rector in Gevelsberg. 4°. brosch. 3 M.



C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

BAND II. HEFT 1.

5. ERGÄNZUNGSHEFT ZU DEN VERHANDLUNGEN DES NATURHISTORISCH-MEDICINISCHEN VEREINS ZU HEIDELBERG.

INHALT.

VERGLEICHEND-PHYSIOLOGISCHE BEITRÄGE ZUR KENNTNISS DER VERDAUUNGSVORGÄNGE von C. FR. W. KRUKENBERG. 1. — BEOBACHTUNGEN ÜBER DRUCKBLINDHEIT von W. KÜHNE. 46. — ÜBER DIE STÄBCHENFARBE DER CEPHALOPODEN von C. FR. W. KRUKENBERG. 58. — ERWIDERUNG AUF EINEN ANGRIFF DES HERRN HOPPE-SEYLER von W. KÜHNE. 62. — BEOBACHTUNGEN AN DER FRISCHEN NETZHAUT DES MENSCHEN von W. KÜHNE. 69. — ÜBER SEHPURPUR UND RETINASTRÖME von FRITHIOF HOLMGREN. 81. — FORTGESETZTE UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE RETINA UND DIE PIGMENTE DES AUGES von W. KÜHNE. 89.

MIT DREI TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1878.

Diese Untersuchungen erscheinen in zwanglosen, auch einzeln käuflichen Heften, deren vier einen Band bilden.

Erschienen sind bereits:

Band I. Heft 1. Inhalt: Zur Photochemie der Netzhaut (2. Abdruck) von W. Kühne. — Über den Sehpurpur von W. Kühne. — gr. 8⁰. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heft 2. Über die Verbreitung des Sehpurpurs im menschlichen Auge von W. Kühne. — Weitere Beobachtungen über den Sehpurpur des Menschen von W. Kühne. — Zur Chemie der Altersveränderungen der Linse von Dr. med. M. Knies. — Das Sehen ohne Sehpurpur von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur von A. Ewald und W. Kühne. — Kurze Anleitung zur Verwendung der Verdauung in der Gewebsanalyse von W. Kühne. — gr. 8⁰. brosch. 4 M.

Heft 3. Ueber die Darstellung von Optogrammen im Froschauge von W. Kühne. — Eine Beobachtung über das Leuchten der Insectenaugen von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur. (Fortsetzung von Heft 2.) Von A. Ewald und W. Kühne. — Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente von W. Kühne. — gr. 8⁰. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heft 4. Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen von C. Fr. W. Krukenberg. — Ueber lichtbeständige Farben der Netzhaut von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur (Schluss) von A. Ewald und W. Kühne. — Bemerkungen über den Nachweis von Enzymen in der Unterkieferdrüse des Kaninchens von J. N. Langley. — Zur Physiologie der Speichelabsonderung von J. N. Langley. — gr. 8⁰. brosch. 8 M. 80 Pf.

☞ Band II, Heft 2 ist im Druck.

Die Tafeln 2—6 folgen in einem der nächsten Hefte, das die zugehörigen Abhandlungen enthalten wird.

Heidelberg.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung.

Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge.

Von **C. Fr. W. Krukenberg.**

(Hierzu Taf. 1.)

Aus meiner früheren Mittheilung [1]) ergibt sich, dass die Astacusleber wie die Drüsenschläuche von Periplaneta (Blatta) orientalis und die Lebern vieler Mollusken mehreren Leistungen dienen als die Leber der höhern Vertebraten. Im Folgenden sollen der Thatbestand dieser Verhältnisse eingehender behandelt und die Differenzpunkte zwischen den früheren Untersuchungen und Ansichten anderer Autoren klar gelegt werden.

Was ich früher über die Ausführung meiner Versuche gesagt habe, gilt auch für die, welche dieser Arbeit zu Grunde liegen. Stets war ich bestrebt, die einzelnen Organe oder Organtheile durch die Präparation möglichst frei von fremden Adhärenzen zu erhalten, indem ich mehr Werth darauf legte, die zum Theil ausgezeichneten morphologischen Arbeiten der Zoologen für das Verständniss der Funktion verwerthbar zu machen, als mich lediglich mit dem Nachweise eines Enzymes in einem complicirt gebauten Organismus zu begnügen. Deshalb wurde auch die histologische Untersuchung nicht ganz ausser Acht gelassen, welche besonders bei Insekten zu neuen Resultaten führte.

Alle Versuchsthiere wurden vivisecirt, was mir nothwendig erschien, da sich bei vielen die Organe postmortal sehr bald verändern.

---

[1]) Untersuchungen aus dem physiol. Institute der Universität Heidelberg. Bd. I. Heft 4. S. 327.

I. Die Verdauungsvorgänge bei einigen Cephalopoden und Pulmonaten.

Bei Sepiola Rondeletii, Sepia officinalis und elegans, Eledone moschata fand ich, wenn der Digestionstractus frei von Nahrungsstoffen war, einen braungelben Verdauungssaft von mehr oder weniger alkalischer[1]) Beschaffenheit. Dieser enthielt ein kräftig wirkendes diastatisches Enzym und verdaute während einer Stunde die hinzugefügte grosse Flocke rohen Fibrins in alkalischer Lösung (1 %$_0$ CO_3 Na_2). Dieses Secret, welches sich so reichlich in dem Darmrohre angesammelt hatte, dass die Wände desselben prall gespannt waren, verhielt sich, was Farbe und Wirkung anbelangt, in allen Bezirken vom Anfang des Magens bis zum Enddarme hin gleichartig.

Es galt nun aufzufinden, aus welchem Organe dieses Secret stammte. Da war zuerst an die drüsigen Organe zu denken, welche als obere und untere Speicheldrüsen bekannt sind. Beide Gebilde sind aber, wie Versuche an Eledone, Loligo, Sepia und Sepiola mich lehrten, rein muciparer Natur und werden deshalb von mir künftig als obere und untere Pharynxschleimdrüsen bezeichnet werden. Für die Anschauung, dass diesen Drüsen nur die Bedeutung zukommt, die Nahrungsballen hinreichend schlüpfrig zu machen, damit sie befähigt sind das den Kopfknorpel durchsetzende enge Speiserohr zu passiren, scheint mir auch noch der Befund zu sprechen, dass Loligo vulgaris, dessen Oesophagus unter den mir zugänglichen Cephalopoden

---

[1]) *Claude Bernard* (Mémoire sur le pancréas. Comptes rendus. 1856. Supplément. T. I, p. 545) fand den Verdauungssaft sauer; es muss somit die Reaction desselben Schwankungen unterliegen. Dasselbe gibt er an für Ostrea edulis, bei welcher ich das Lebersecret selten schwach sauer, meistens neutral fand. Die Vermischung des Verdauungssaftes mit dem alkalischen Blute war bei meinen Versuchen durch längeres Abspülen der Organe vor Eröffnung des Verdauungsrohres vermieden.

an allen Stellen relativ der weiteste ist, die verhältnissmässig kleinsten Pharynxschleimdrüsen besitzt. Von grossem Interesse würde es sein zu erfahren, wie sich das Verhältniss bei Nautilus gestaltet, bei welchem nach *Owen's* Angabe[1]) die obern Pharynxschleimdrüsen nur in Spuren vorhanden sein, die untern ganz fehlen sollen.

Nachdem der gut gereinigte Darm und insbesondere die Spiralmägen — das Pancreas *Richard Owen's* (Lectures on the compar. Anat. of the invert. Anim. p. 300), und als solches von diesem Forscher den Appendices pyloricae der Fische verglichen, — einer grossen Anzahl von Cephalopoden mit negativem Resultate auf Enzyme untersucht waren, führte mich nach vielen vergeblichen Versuchen die Farbe der sogenannten Leber und besonders die Farbe ihres wässerigen Extractes auf den rechten Weg. Ich untersuchte den wässerigen, ClNa (0.5, 1.0, 2.0, 5.0, und 10.0 %) —, essigsäure-, salzsäurehaltigen Auszug auf eine nennenswerthe enzymatische Wirkung hin, aber alles mit negativem Erfolg.

Nur von der Eledone moschata und Sepia elegans gelangten Glycerinextracte der Lebern mit mir in die Heimath. Als ich dieselben hier abermals untersuchte, ergab sich, dass jetzt (nach etwa sechs Wochen) wenige Tropfen des Extractes sowohl eine starke diastatische Wirkung besassen, als auch im Laufe kaum einer Stunde in neutraler wie in 1 %iger Sodalösung rohes Fibrin fast vollständig (einen unbedeutenden Detritus hinterlassend) verdauten[2]). Bei Zusatz von Salzsäure

---

[1]) *Owen*, Mem. on the Nautilus. p. 23. Tafel 8. Fig. 7 g.

[2]) *Claude Bernard* (Recherches sur une nouvelle fonction du foie. Ann. des sc. nat. Troisième série. Zoologie. T. XIX. 1853. p. 331—335) constatirte schon früher das Vorkommen eines diastatischen, sowie eines fettzersetzenden Fermentes in dem Verdauungssafte von Sepia, Limax, Ostrea edulis und Anodonta. Auch gelang ihm in diesen Fällen die Chlorreaction.

entstand zwar ein Niederschlag, welcher aber eine Verdauung in 0,1 % ClH nicht immer verhinderte und sich, wenn von den Glycerinextracten nur geringe aber wirksame Mengen zugesetzt wurden, auch wieder vollständig löste. Die Wirkung bei neutraler und alkalischer Reaction sowie die in sauren Lösungen verlief bei 40° C. energischer als bei 20°, 16° und 10° C., obgleich sie auch bei letzteren Temperaturen nicht fehlte. Es herrscht also in diesem Punkte eine vollständige Uebereinstimmung mit allen zur Zeit bekannten eiweissverdauenden Enzymen der verschiedensten Thierklassen.

Ganz dieselben Enzyme fand ich im Libersecrete resp. dem Leberextracte bei Arion rufus und ater, bei Limax cinereoater und agrestis. Bei den Limaciden, Helix nemoralis und pomatia reagirte der Mageninhalt und das Lebersecret deutlich sauer, wie *Th. Fr. W. Schlemm*[1]) bereits ausser für Helix und Limax noch für Limnæus und Planorbis nachwies. Auch *Claude Bernard*[2]) zeigte, dass bei Limax flavus der Verdauungssaft, welcher nach seiner Ansicht[3]) aus Drüsenzotten des Magens (deshalb von ihm auch „Magensaft" genannt) stammen sollte, saure Reaction besitzt. Bei diesen Mollusken musste ebenfalls das Glycerin mit dem zerriebenen Lebergewebe längere Zeit in Berührung bleiben, um in irgend nennenswerther Weise mit Enzymen geschwängert zu werden. Wenn die Lebern sorgfältig vom Darme abpräparirt waren, gelang hier zwar die einfachere Darstellung der enzymatischen Verdauungslösung mittelst der Selbstverdauungsmethode und bei Helix pomatia wie bei Mytilus edulis wurde von dieser Darstellungsweise auch ein

[1]) *Th. Fr. W. Schlemm,* De hepate ac bile Crustaceorum et Molluscorum quorundam. Dissertatio. Berolini 1844. S. 34.

[2]) *Claude Bernard,* l. c.

[3]) *Claude Bernard,* Leçons de physiologie expérimentale. T. II. 1856. p. 487—493.

ausgedehnter Gebrauch gemacht. Diese Extractionsmethode wird für die Lebern, welche neben peptischem auch tryptisches Enzym führen, aber nicht zu empfehlen sein; denn Versuche haben mir bewiesen, dass das tryptische Enzym in solchen Fällen sehr bald zersetzt wird, und dass zugleich auch das Pepsin sehr viel von seiner Wirkungsintensität einbüsst. Dieses Verhalten liess sich wenigstens bei Lumbricus terrestris, Limax cinereoater, Astacus und Periplaneta sicher feststellen. In solchen Fällen wird die *Wittich*'sche Methode der Glycerinextraction zu bevorzugen sein. Wurde bei Mollusken (z. B. bei Helix), deren Leber zwar nur ein peptisches Enzym producirt, bei der wässerigen Extraction der Darminhalt nicht sorgfältig von den Lebern entfernt, so konnte nur ein sehr schwach wirkender oder selbst ein ganz unwirksamer Auszug erhalten werden. Diese Erscheinung wird wohl mit Recht auf eine Fällung der Enzyme durch entstehende Niederschläge, zu welchen die Secrete von Schleimdrüsen die Veranlassung geben, zurückzuführen sein. Die Schwierigkeit der Extraction zwang dazu, dass bei den Mollusken ein von den später bei den Articulaten zu beschreibenden verschiedener Gang der Untersuchung eingeschlagen wurde, welcher aber, wie ich hoffe, nicht weniger beweiskräftige Ergebnisse lieferte.

Das Lebersecret ergiesst sich bei den Cephalopoden bekanntlich zwischen den Falten des Spiralmagens hindurch in den Darmkanal. Drückt man den mit dem Secrete gefüllten Spiralblindsack leicht zusammen, so bemerkt man, dass das Secret sowohl in den Magen wie in den hintern Abschnitt des Digestionstractus abfliesst. Eine ähnliche Einrichtung ist uns bei den Limaciden, Heliciden etc. durch *H. M. Gartenauer* [1]) bekannt geworden. Ich sehe die Function des Spiralmagens der

[1]) *H. M. Gartenauer*, Ueber den Darmkanal einiger einheimischen Gasteropoden. Jena 1875. S. 11—15 u. Fig. 3.

Cephalopoden lediglich darin, das Lebersecret in dem Verdauungsrohre dieser Thiere gleichmässig zu vertheilen, und erachte ihn analog den Blindsäcken des Darmes bei den Stylommatophoren.[1]) Bei Loligo vulgaris sind in demselben zwar

---

[1]) Um Wiederholungen zu vermeiden, sei gleich an dieser Stelle auf Folgendes aufmerksam gemacht.

Es sind in der Literatur die Angaben nicht selten, dass bei Mollusken und Articulaten die Speicheldrüsen saure Secrete, theils im Interesse der Vertheidigung dieser Thiere oder Auflösung äusserer Gegenstände, theils zur Verdauung der aufgenommenen Nahrung absondern.

Unter Anderem wurde diese Ansicht von *J. Müller* und *Troschel* für Dolium galea ausgesprochen, und manche Zoologen haben dasselbe von Pholadiden und Lithodomen, sowie von vielen Gastropoden (cf. *de Luca* und *Panceri*, Comptes rendus 1867. II, 577. 712) behauptet. Aus den vorliegenden Mittheilungen dieser Forscher scheint hervorzugehen, dass wir es hier mit dem Secrete vielleicht etwas nach vorn gerückter Lebern oder Leberabschnitte zu thun haben, da, nach meinen Untersuchungen zu schliessen, Speicheldrüsen den Mollusken vollständig fehlen. Die Sache kann nichts Auffallendes mehr haben, seitdem wir wissen, dass bei sehr vielen Mollusken und Articulaten das Lebersecret sauer und oft sehr sauer reagirt, dass dasselbe auch durch den Oesophagus nach aussen hin abgegeben werden kann (selbst bei Periplaneta orientalis). Jedenfalls dürfen diese Secrete bei Dolium, Cassis, Aplysia etc. nicht dem Magensafte höherer Thiere und noch viel weniger dem Speichel derselben oder vieler Articulaten, sondern vorläufig nur dem Lebersecrete der daraufhin untersuchten Mollusken verglichen werden.

Unter dem äussern Kalkdeckel (epiphragma) der überwinternden Helix pomatia findet sich meist eine mehr oder weniger grosse Zahl prall gespannter Häute, welche aber nicht, wie es mir anfangs schien, beim Abwerfen des Kalkdeckels verflüssigt werden, sondern einfach erweichen. Diese Erweichung scheint mir mit Hilfe des ausgeschiedenen sauren Lebersecretes zu geschehen, welches, wie Versuche mich lehren, dazu besonders geeignet ist, während (selbst warmes) Wasser diese oft sehr derben und widerstandsfähigen Membranen kaum nennenswerth geschmeidig macht.

Besonders interessiren müssen uns die *Leydig*'schen Beobachtungen an Corethra plumicornis (Anatomisches und Histologisches über die Larve von Corethra plumicornis. Zeitschr. f. w. Zool. 1851. Bd. III. S. 450), welche jetzt nicht mehr der von allen sonst Bekannten abweichenden Inter-

Drüsen nachgewiesen, welche aber ebenso sicher wie das *Hunter*[1])-*Siebold*'sche[2]) Pancreas, welches bei sehr vielen Cephalopoden nachgewiesen wurde,[3]) nur eine Zusatzflüssigkeit für das Lebersecret liefern werden.[4]) Dasselbe wird für die aus dem Verdauungstractus der Pulmonaten beschriebenen Drüsen zu gelten haben.

Aehnliche Verhältnisse, wie die eben beschriebenen, welche einen Transport der Secrete aus hintern nach vorderen Bezirken des Verdauungsrohres ermöglichen, scheinen sich bei höheren Vertebraten, bei welchen immer mehr oralwärts von den Verdauungsräumen die enzymatischen Secrete sich ergiessen, nicht mehr zu finden. Es können selbst, wie die Versuche von Herrn *Swieçicki*[5]) lehren, beim Frosch Enzyme an Stellen secernirt werden, an welchen die Reaction der Speiseballen ihre Wirkung gewöhnlich ganz verhindert, so dass sie erst in einem nachfolgenden Darmabschnitte ihre Verwendung finden.

Die enzymatischen Wirkungen, welche ich mit dem Secrete der Leber und ihrem Glycerinextracte bei den Limaciden, Heliciden und Cephalopoden erhielt, führen zu der Annahme einer Existenz **mehrerer** die Eiweisssubstanzen verdauender Enzyme, von denen die Lebersecrete verschiedener Familien und Classen der Mollusken verschiedene Mengen in verschiedener

---

pretation bedürfen, zu welcher *Leydig* griff. Auch bei der Larve dieses Zweiflüglers werden voraussichtlich die Verdauungsenzyme in Darmdrüsenzellen gebildet und erst nachträglich in den Pharynx hineingeschafft, wie es bei Mollusken und Articulaten sonst die Regel sein dürfte.

[1]) *Hunter,* The Catalogue of the physiological series etc. Vol. I, p. 229. Nr. 775.

[2]) *C. Th. von Siebold,* Lehrbuch d. vergl. Anatomie der wirbellosen Thiere. 1848. S. 393.

[3]) Ueber Vorkommen dieser Drüse, cf. *Siebold,* l. c.

[4]) Cf. Unters. aus dem physiol. Institute der Universität Heidelberg. Bd. I. Heft 4. S. 334.

[5]) *Pflüger's* Archiv, Band XVI. Heft 3. S. 122.

Mischung enthalten. Besonders wichtig sind in dieser Beziehung die Ergebnisse, wenn organische Säuren als Zusatzflüssigkeiten gewählt werden. Tabelle I. resumirt eine grosse Anzahl meiner Versuche, welche theils mit dem Glycerinextracte von Lebern, theils mit dem natürlichen Lebersecrete angestellt wurden: mit enzymatischen Flüssigkeiten, deren Wirkungsintensität in milchsaurer Lösung keine erhebliche Differenzen aufwies.

Tabelle I.[1]

Zusatzflüssigkeit.	Eledone moschata.	Sepia officinalis.	Sepia elegans.	Sepiola Rondeletii.	Arion ater.	Arion rufus.	Limax cin.-ater.	Limax agrestis.	Helix nemoralis.	Helix pomatia.	Limnæus stagnalis.
Wasser (bei neutral. Reaction der Verdauungsflüssigk.)	+	.	.	.	+	.	.	.	.	0	.
Salzsäure von 0,1 bis 0,2 %	+	+	.	.	0	.	.	.	+	+	+
Sodalösung von 1 %	+	+	+	+	+	.	.	+	0	0	0
Oxalsäurel. v. 0,4 %	+	.	.	.	+	.	.	.	+	+	0
dito von 1 % . .	+	.	+	.	+	.	.	.	+	+	0
dito von 2 % . . .	+	.	.	.	0	.	+	0	+	+	0
Weinsäurelösung v. 0,4 %	.	.	.	.	+	+	+	.	+	+	.
dito von 1 % . .	+	.	+	.	+	+	.	.	.	+	.
dito von 2 % . .	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Essigsäurelösung v. 0,2 %	+	.	.	.	+	.	+	+	.	+	.
dito von 0,4 % . .	+	.	.	.	0	+	.	.	+	+	.
dito von 1 % . .	+	.	.	.	.	+	+	.	.	+	.
dito von 2 % . .	+	.	.	.	.	.	.	.	.	+	.
Milchsäurelösung v. 0,4 %	+	.	.	.	+	+	.	.	.	+	+
dito von 1 % . .	+	.	.	.	.	+	.	.	+	+	+
dito von 2 % . .	+	.	+	.	.	+	+	.	.	+	+

[1]) Die auf der Tabelle verzeichneten Resultate wurden mittelst der Secrete und Leberauszüge von stets mehreren Individuen (Sepia elegans 6, Eledone moschata an 20, Helix pomatia 50—60, Limax 10—20)

Vergleicht man zuerst die für die Heliciden und Limnæus stagnalis gewonnenen Resultate mit denen, welche die Untersuchungen bei den übrigen Mollusken ergaben, so zeigt sich mit Evidenz, — da z. B. bei Helix das Secret in 1%iger Sodalösung, sowie bei neutraler Reaction unwirksam,[1]) in sauren Lösungen (in 0,4%iger Essigsäure, 2% Oxalsäure und in 0,1—0,2% Salzsäure), in welchen das sehr wohl bei alkalischer Zusatzflüssigkeit wirkende Lebersecret der Limaciden nicht wirkte, hingegen sehr wirksam sich erwiesen, — dass bei Limaciden und Cephalopoden mindestens zwei verschiedene eiweissverdauende Enzyme, ein tryptisches und ein peptisches angenommen werden müssen, wie ich das gleichfalls für einige Articulaten später zu beweisen versuchen werde. Während das Lebersecret der Heliciden und von Limnæus stagnalis wenigstens im Winterschlafe [2]) der Thiere des pankreatischen

---

erhalten, so dass sie einigermassen als Durchschnittswerthe gelten können. Die Versuche wurden, wenn es nöthig schien, mehrfach wiederholt und immer durch Controlversuche sicher gestellt. Die Einwirkung liess ich bei dem als zweckmässig erkannten Salicylsäure- resp. Thymolzusatze drei Tage währen, und alle Lösungen, welche während dieser Zeit keine Wirkung erkennen liessen, sind durch eine Null bezeichnet. Eine specialisirte Angabe der Zeit, in welcher die Wirkung eintrat, hat für meine aus diesen Versuchen gezogenen Schlüsse keine Bedeutung und unterblieb deshalb.

[1]) Es sei bemerkt, dass es ebenfalls misslang mit schwacher Milchsäure- oder Salzsäurelösung ein irgendwie wirksames tryptisches Enzym aus diesem Organe zu extrahiren. Ebenso wenig wie bei Helix gelang nach diesen Methoden die Extraction eines tryptischen Enzymes bei Limnæus stagnalis und Paludina vivipara, ferner auch bei Mytilus und Ostrea edulis.

[2]) Nach meinen Untersuchungen scheint es, dass die Verdauung der Wirbellosen im Winter mehr durch rein peptische Enzyme bewerkstelligt wird. Ich darf behaupten, dass bei meinen Heliciden jede Spur eines tryptischen Fermentes fehlte, da grosse Mengen dieser Thiere zu meinen Versuchen verwendet wurden, während doch z. B. *Fredericq* (nach *Hoppe-Seyler's* Mittheilung in seiner physiologischen Chemie. II. Theil, S. 248) von einer Pancreasverdauung der Weinbergsschnecken spricht.

Enzymes ganz baar ist, erweist sich das Lebersecret der Limaciden, besonders das von Limax cinereo-ater und Arion rufus reicher an dem tryptischen als an dem peptischen Enzym. Mit dem Leberglycerinextracte von Eledone moschata erhält man nach meinen Versuchen entschieden eine stärkere fibrinverdauende Wirkung in saurer als in alkalischer Lösung: eine Thatsache, welche sich auch für viele Limaciden constatiren liess und direkt die Annahme widerlegt, dass es sich hier lediglich um eine Pancreasverdauung handle.

Zweitens ergibt sich aus dieser Tabelle, dass in saurer Lösung die enzymatische Wirkung des Lebersecretes unserer Cephalopoden und Limaciden am stärksten in milchsaurer, weinsaurer und oxalsaurer, schwächer in essigsaurer und am schwächsten in salzsaurer Lösung ist, was zwar keineswegs beweist, dass dieses Enzym mit dem Pepsin der höhern Vertebraten nicht identificirt werden darf. Zur Entscheidung der Frage, ob das tryptische Enzym der Mollusken das Trypsin *Kühne's* ist, bedarf es fortgesetzter Untersuchungen, da ich weder im Stande war unter den Verdauungsproducten bei alkalischer Lösung Leucin und Tyrosin aufzufinden, noch in unzweifelhafter Weise die Bromwasserreaction zu erhalten.

Drittens lehrt aber unsere tabellarische Uebersicht, dass das peptisch wirkende Enzym vieler dieser Mollusken sich nicht ganz identisch mit dem verhält, welches bei Articulaten und Conchiferen von mir näher studirt wurde.

Diese Versuche haben zu ferneren unerwarteten Ergebnissen

Im Widerspruch zu meinen im August v. Js. gewonnenen Ergebnissen bei Cyprinus carpio und zu denen anderer Autoren bei Cyprinus tinca konnte ich auch vor Kurzem (Januar) aus der Darmmucosa des letztgenannten Cyprinoiden ausser Trypsin ein kräftig wirkendes Pepsin extrahiren. Es würde hiernach die Schleihe (im Winter?) in Betreff der Vertheilung der eiweissverdauenden Enzyme im Digestionstractus den Uebergang bilden von dem Karpfen zu den Leuciscinen.

geführt, welche in der Tabelle keinen Ausdruck finden konnten. Während wahres Pepsin, wie meine Untersuchungen mir zeigen, durch Digeriren mit einer 2 $^0/_0$igen Oxalsäurelösung (drei Tage lang liess ich die Einwirkung sich vollziehen) ebensowenig etwa von seiner Wirksamkeit einbüsst, als wenn man statt der Oxalsäurelösung eine 0,1 $^0/_0$ige Salzsäure oder 2 $^0/_0$igeMilchsäure anwendet, wird das peptische Enzym, welches, soweit meine Kenntnisse reichen, ziemlich rein in den Lebern von Mytilus edulis enthalten ist, nach kurzer Zeit (zwei bis drei Stunden genügen bei Anwendung einer 2 $^0/_0$igen Oxalsäure hinlänglich, um eine in milchsaurer Lösung stark wirkende enzymatische Flüssigkeit unwirksam zu machen) auf das vollkommenste zerstört. Diese merkwürdige Thatsache beweisen folgende meiner zahlreichen und unter sich in jeder Beziehung vollständig übereinstimmenden Versuche, welche mit einem in Salzsäure, Essigsäure, Weinsäure und Milchsäure fast gleich gut und sehr rasch wirkenden Mytilusleberglycerinextracte angestellt wurden.

Folgende Gemische:

1) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
2,5 gr. 4 $^0/_0$ige Oxalsäure,
2,5 gr. 0,2 $^0/_0$ige Salzsäure,
10 gr. Flüssigkeit,

2) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
2,5 gr. 4 $^0/_0$ige Oxalsäure,
2,5 gr. Wasser,
10 gr. Flüssigkeit,

3) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
5 gr. 4 $^0/_0$ige Oxalsäure,
10 gr. Flüssigkeit,

4) 5 gr. Enzymat. Glycerinextract,
5 gr. 0,2 $^0/_0$ige Salzsäure,
10 gr. Flüssigkeit,

setzte ich sechs Stunden lang einer Temperatur von 40° C. im Wasserbade aus. Die Flüssigkeiten wurden sodann durch Dialyse im fliessenden Wasser von den Säuren befreit und darauf mit Milchsäure, weil bei Zusatz dieser Säure mir die Wir-

kung am raschesten einzutreten scheint, versetzt. Es zeigte sich in ganz evidenter Weise, dass die enzymatische Lösung, welche mit Salzsäure versetzt gewesen war, so gut wie nichts von ihrer ursprünglichen Wirksamkeit verloren hatte. Alle andern Gemische — wie durch Zusatz von Kalkwasser erkannt wurde, durch die Dialyse vollständig oxalsäurefrei geworden — waren absolut unwirksam, denn das Enzym war durch die Oxalsäure zerstört. Fernere Versuchsreihen lehrten, dass es für die Wirkung der Oxalsäure ganz gleichgültig ist, ob ausser ihr noch andere Säuren (wie Milchsäure, Essigsäure, Weinsäure, Salzsäure) vorhanden sind oder nicht. Die zur vollständigen Zerstörung dieses peptischen Enzyms erforderliche Zeit hängt lediglich von der Menge der vorhandenen Oxalsäure und des Enzyms ab. Ist wenig Oxalsäure vorhanden, die Lösung hingegen reich an Enzym, so lässt sich sehr wohl eine fibrinverdauende Wirkung des Mytilusleberglycerinextractes in der oxalsäurehaltigen Lösung erzielen, wie Tabelle II. lehrt. Während jedoch in einer Lösung von gleichem Enzymgehalt, welche mit Milchsäure, Salzsäure, Weinsäure oder Essigsäure versetzt ist, nur die Zunahme der Concentration resp. der Verbrauch des Enzymes der Fibrinverdauung Einhalt thut, gelingt die Verdauung des rohen Fibrins in der oxalsäurehaltigen enzymatischen Lösung nur in sehr beschränktem Maasse. Sehr bald ist in dieser die Wirkung verschwunden, um nie wiederzukehren, welcher Kunstgriffe man sich auch bedienen mag. Diesem peptischen Enzyme kommt auch die Eigenschaft zu in essigsaurer Lösung gekochtes Fibrin zu verdauen[1]). Nie trat bei meinen Versuchen diese Wirkung ein, wenn Salzsäure oder Milchsäure als Zusatzflüssigkeiten gewählt waren. Es ist dieses eine andere Eigenschaft, durch welche es sich von dem gleich zu besprechenden peptischen Enzyme, wel-

[1]) Nach meinen Versuchen wirkt 2%ige Oxalsäurelösung rascher zerstörend auf das Trypsin ein als 0,1%ige Salzsäure oder 2%ige Milchsäure.

ches sich bei Cephalopoden und Pulmonaten findet, unterscheidet.

Wesentlich abweichend von diesem fernerhin als **Conchopepsin** zu bezeichnenden Enzyme verhält sich jenes, welches unvermischt mit andern Enzymen sich bei Helix pomatia findet. Dieses wird ebensowenig, wie das Pepsin der Vertebraten, mit welchem es jedoch keineswegs identisch ist, von Oxalsäure zerstört. Vom Pepsin unterscheidet es sich dadurch, dass ihm, wie ich behaupten darf, vollkommen die Fähigkeit abgeht, gekochtes Fibrin zu peptonisiren, während rohes rasch verdaut wird. Bei Zusatz von organischen Säuren (und ganz besonders in verdünnteren Lösungen derselben) wirkt es am energischsten, in Salzsäure langsamer. Gewöhnlich ist zwar eine sehr beträchtliche Verzögerung bei Salzsäurezusatz bemerkbar, welche aber auf den entstehenden Niederschlag zurückzuführen ist. Versuche — bei welchen dieser abfiltrirt, das Filtrat dialysirt und darauf in zwei Portionen getheilt wurde, deren eine mit Salzsäure angesäuert, während die andere mit Milchsäure, resp. Essigsäure, oder Oxalsäure versetzt wurde — beweisen, dass die Salzsäure sich bei weitem nicht so schlecht als Zusatzflüssigkeit eignet, als man vielleicht nach oberflächlichen Untersuchungen annehmen möchte. Lösungen, in welchen bei Zusatz des enzymatischen Glycerinextractes kein Niederschlag sich bildete, wirkten sehr rasch fibrinverdauend. Dieses Enzym wird von mir künftig **Helicopepsin** genannt.

Am sichersten kann man sich von der Verschiedenheit des Conchopepsin und Helicopepsin durch folgende Versuche überzeugen: Etwa 5 gr. eines kräftig wirkenden Glycerinextractes der Mytilus- und Helixlebern werden jede für sich in einem Probirgläschen mit 10 gr. einer 0,2 %igen Salzsäure versetzt, bei deren Zusatz kein Niederschlag entstehen darf. Fügt man nun 5 gr. einer 8 %igen Oxalsäurelösung, — wodurch man eine 2 % Oxalsäure enthaltende

Flüssigkeit erhält, und welche sich auch bei dem Oxalsäurezusatz nicht getrübt hat, — hinzu, so zeigt sich nach kaum zehnstündiger Digestion der beiden Flüssigkeiten bei 40° C., dass die helicopeptische Lösung das hinzugefügte rohe Fibrin fast ebenso gut wie vor dem Oxalsäurezusatz verdaut, während die andere Flüssigkeit vollkommen unwirksam geworden ist. Diese Versuche wurden von mir wiederholt angestellt und lieferten stets die nämlichen unzweideutigen Resultate.

Andere Versuche, zu welchen Herr Geh. Rath *Kühne* mich anregte, haben dargethan, dass eine mehrstündige Digestion mit Soda (die enzymatische Flüssigkeit wurde dabei auf einen Gehalt von 1% an diesem Salze gebracht) bei 40° C. sowohl das Pepsin und Helicopepsin, als auch das Conchopepsin gänzlich vernichtet. Das zeigte sich nicht nur, wenn die Alkalescenz der Flüssigkeit später durch Salzsäure übercompensirt wurde, sondern auch, wenn die Soda vor dem Säurezusatz durch Dialyse entfernt war.

Die Eigenschaften dieser Enzyme entfernen sich soweit von denen des Trypsins, dass es unnöthig ist auf die Differenzpunkte, welche sich aus dem Vorigen leicht herausfinden lassen, aufmerksam zu machen. Nur sei erwähnt, dass Trypsin bei 40° C. nach längerer Einwirkung von Oxalsäure (0,4 — 2%) ebenso vollständig wie durch jede andere daraufhin untersuchte Säure zersetzt wird. Höchstens liesse sich eine Uebereinstimmung eines dieser Enzyme mit dem Digestin (*Thiry's* Darmenzym) vermuthen, dessen Eigenschaften jedoch zu wenig sichergestellt sein dürften, um einen solchen Vergleich zu ermöglichen. [1])

Das peptisch wirkende Enzym in den Lebern und in der Galle von Cephalopoden und Limaciden verhält sich wie Helicopepsin. Die Frage, ob sich hier neben demselben noch etwas Conchopepsin findet, wird sich schwer entscheiden lassen. Das peptisch wir-

---

[1]) In dem Glycerinextracte der Lebern von drei zur Untersuchung verwendeten Ostrea edulis vermisste ich das diastatische Enzym.

kende Enzym von Ostrea edulis scheint mir reines Conchopepsin zu sein; über das von Limnæus und Planorbis sind weitere Untersuchungen abzuwarten.

Die Lebern (sowie deren enzymatisch wirkendes Secret), welche von Cephalopoden (Eledone, Sepia) und Pulmonaten (Helix pomatia) auf das Vorkommen von diastatischem Enzym untersucht wurden, fand ich reich an diesem. Sie gleichen demnach auch in dieser Beziehung den Leberschläuchen von Astacus fluviatilis und Periplaneta orientalis, welche wie die Leber von Mytilus edulis [1]), die Darmdrüsen von Hydrophilus piceus, die sogenannten Chloragogenzellen von Lumbricus terrestris, reich an diastatischem Enzym sind. Andererseits aber unterscheiden sie sich dadurch von den Lebern der meisten Vertebraten.

Der Zucker, welcher in allen Molluskenlebern meist in reichlicher Menge vorkommt, wurde aus den Secreten und Extracten auf das vollständigste mittelst Dialyse im fliessenden Wasser entfernt und die Resultate durch Controlversuche gestützt. Bei diesen Untersuchungen wurde stets die durch Dialyse zuckerfrei gemachte enzymatische Lösung in zwei Portionen getheilt, beiden gleiche Quantitäten Stärkekleister zugesetzt und in der einen das Enzym durch Kochen zerstört. Während nach $^1/_2$—1stündiger Digestion bei 40° C. die gekochte Lösung sich vollständig zuckerfrei erwies, zeigte die *Trommer*'sche Probe in der andern Portion einen grossen Zuckergehalt an.

In derselben Weise wurden die sogenannten Speicheldrüsen nicht nur mehrerer Cephalopoden, sondern auch die von Arion rufus und Helix pomatia auf das Vorkommen des diastatischen

---

[1]) Beobachtungsfehler können bei diesem Versuche schwerlich jemals unterlaufen, weil das gekochte Fibrin in dieser Flüssigkeit nicht aufquillt. Dasselbe zerfällt nach und nach in immer kleinere Stücke, welche zuletzt nur eine geringe Menge Detritus hinterlassen.

Enzyms geprüft. Bei der Präparation dieser Organe war mit aller Sorgfalt darauf geachtet, dass das Verdauungsrohr unverletzt erhalten blieb. Nie gelang es mir nur eine Spur von diastatischem Enzym in diesen Organen aufzufinden, so dass kaum ein Zweifel darüber bestehen kann, dass diese Drüsen mit Unrecht im functionellen Sinne „Speicheldrüsen" genannt werden.

Die Kenntniss der vorgenannten eiweisszersetzenden Enzyme und des die Stärke saccharificirenden reicht nicht aus zum richtigen Verständnisse der Molluskenleber. *Claude Bernard*[1]) beschreibt von Limax flavus einen so merkwürdigen und interessanten Mechanismus der Lebersecretion, dass ich mir nicht versagen kann, dessen Beschreibung, übersetzt, an dieser Stelle einzuschalten. „Wenn man den Magen- und Darminhalt von Limax flavus untersucht und zwar bei Thieren, welche lange gehungert haben, so kann man die Gegenwart einer sehr braunen Galle nachweisen, doch in derselben keine Spur von Zucker. Nehmen die Thiere aber dann Nahrung auf, so ergiesst sich ein saurer Magensaft, welcher sich mit der Nahrung mischt und in welchem sich auch kein Zucker findet. Diesen Befund macht man aber nur so lange, als die Verdauung währt, und sobald die Nahrung fast vollständig aus dem Magen in den Darm übergetreten ist, ergiesst sich aus dem Ductus choledochus nahe dem Pylorus eine farblose zuckerhaltige Flüssigkeit in den Magen. In dem Maasse als die Absorption im Darm fortschreitet, vermehrt sich die Secretion dieser zuckerhaltigen Flüssigkeit in der Leber so sehr, dass der Magen bald von dem Secrete angefüllt und ausgedehnt wird. Die Secretion der zuckerhaltigen Flüssigkeit und der Erguss derselben in den Magen erfolgt somit nach der sogenannten Magenverdauung und fällt mit der Absorptionsperiode im Darme zeitlich zusammen. Diese Flüssigkeit sammelt sich dann auch in

[1]) *Cl. Bernard*, Recherches sur une nouvelle fonction du foie. Ann. des sciences nat. 3e série, 1853, t. XIX, p. 332.

dem nach dem Magen zu sich weit öffnenden Ductus choledochus und staut sich, nachdem der Magen ausgedehnt ist, in der Leber selbst an. So kommt auch in der Leber eine sehr beträchtliche und auffällige allgemeine Dilatation zu Stande. Bald aber verringert sich der Umfang des Magens, des Ductus choledochus und der Leber in Folge der Absorption dieser Flüssigkeit. Diese Aufsaugung wird vorzugsweise im Magen erfolgen, wo das Secret sich besonders anzusammeln scheint, ohne in den Darm. überzutreten. Wenn die Absorption fast vollendet ist, secernirt die Leber eine andere Flüssigkeit, die sich in keiner Weise von der Galle unterscheidet. Das Secret, welches sich dann aus dem Ductus choledochus ergiesst, verarmt nach und nach immer mehr an Zucker, wird zugleich immer mehr gefärbt und ist zuletzt reine zuckerfreie Galle, wie man sie in dem Verdauungsrohre der nüchternen Limax findet. Dann verschwindet die Turgescenz der Leber und ihr Volum nimmt ab. Diese dunkle Galle, welche zuletzt secernirt wurde, scheint nicht merklich resorbirt zu werden; sie bleibt im Darme und man findet sie mehr oder weniger eingedickt und mit ihrer braunen Farbe noch bei der folgenden Verdauungsepoche.“ [1]) Besonders wichtig dürfte an dieser Mittheilung der Befund einer Zuckerbildung in der Leber sein, welcher mich veranlasst, für dieses Organ auch den Charakter der Leber höherer Vertebraten in Anspruch zu nehmen. Ferner folgt aus den Versuchen *Claude Bernard's* an Limax flavus,

[1]) Nach den Angaben von *F. Plateau* (Recherches sur les phénomènes de la digestion chez les Insectes. Mém. de l'acad. royale de Belgique. T. XLI. Partie I., p. 53), dessen Schlüsse jedenfalls einer Rectification bedürfen, findet sich vielleicht ein diesem ganz identischer Vorgang bei Hydrophilus piceus. Ebenso leicht dürfte sich jetzt auch das Räthsel lösen, welches uns *Leydig* (Ueber Paludina vivipara. Z. f. w. Z. 1850, S. 169 Anm.) mittheilt. *Leydig* fand nämlich bei zum Winterschlaf sich anschickenden Paludinen die Leber sehr verschieden gefärbt und verwerthet diesen Befund zu Gunsten seiner Ansicht, nach welcher „fetthaltige Zellen in gallenstoffhaltige unmittelbar übergehen“ sollen.

dass die Gallensecretion bei diesen Thieren keine stetige, wie bei den höheren Vertebraten ist.

Sirodot[1]) will in den Lebern von Helix pomatia glycocholsaures Natrium nachgewiesen haben. Dieses ist die einzige mir bekannt gewordene Mittheilung über das Vorkommen eines specifischen Gallenstoffes bei Evertebraten.

Um mich über den Werth dieser Angabe zu versichern, extrahirte ich die fein zerriebenen Lebern 46 grosser Exemplare von Helix pomatia mit kochendem Alkohol, filtrirte siedendheiss den alkoholischen Auszug durch Thierkohle, um die Farbstoffe zu entfernen, dampfte das Filtrat zur Trockne ein und nahm den Rückstand (mit einer in Wasser gelösten Probe desselben gelang die *Pettenkofer*'sche Gallenreaction nicht) mit sehr wenig absolutem Alkohol auf. Dieses Extract wurde mit Aether im Ueberschuss versetzt. Der dabei entstehende Niederschlag war, wie die üblichen Reactionen bewiesen, vollständig frei von Gallensäuren. Nach der *Strecker*'schen Methode wurde ebenfalls nur ein negatives Resultat erzielt.

Die Absorptionsspectren der alkoholischen Auszüge von den Molluskenlebern, welche neben einigen andern vergleichsweise dargestellten Spectren die beigegebene Tafel veranschaulicht, liessen es mir, zumal der bei Eledone moschata gefundene schwache Streifen vor D mit dem als zweiter bezeichneten Streifen der Rindsgalle coincidirte, wünschenswerth erscheinen, auch auf die Gallenfarbstoffe die Untersuchung auszudehnen. Bei diesen Untersuchungen wurde folgendermaassen verfahren:

Die farbstoffreiche wässerige Lösung wurde mit Ammoniak und Chlorbarium versetzt und der entstandene stark gelb gefärbte Niederschlag mit essigsäurehaltigem Alkohol ausgezogen; die gefärbte Lösung eingedampft und mit natronhaltigem Wasser aufgenom-

[1]) *Sirodot*, Recherches sur les sécrétions chez les Insectes. Ann. des sciences nat. Série IV. T. X, p. 145.

men. Die *Gmelin*'sche Gallenfarbstoffreaction liess sich mit dieser schwach gefärbten Lösung nicht erhalten. Auch darf schon aus der Thatsache, dass sich das Leberpigment der Mollusken leicht in reinem Wasser und in fetten Oelen löst[1]), fast unlöslich aber in Chloroform ist, seine Verschiedenheit von den typischen Gallenfarbstoffen gefolgert werden[2]). Auch habe ich gefunden, dass bei Mytilus edulis spectroskopisch ein und dasselbe Pigment Kiemen, Eierstöcke, Mantel wie Leber färbt, was zwar, wie sich gleich zeigen wird, nicht ohne Weiteres beweisen kann, dass diese Farbstoffe mit den echten Gallenpigmenten nicht identisch oder ihnen nicht functionell gleichwerthig sind.

Seitdem es durch die Untersuchungen von *Kühne*, *Jaffé*, *Maly* und *Hoppe-Seyler* im höchsten Grade wahrscheinlich geworden ist, dass die Gallenfarbstoffe Abkömmlinge des Hämoglobins sind, dürfen wir jene mit grösserer Zuversicht auch wohl nur bei denjenigen Evertebraten zu finden hoffen, in deren Geweben Hämoglobin nachzuweisen ist[3]). Ein solcher Nachweis würde für die Stoffwechselfrage von grosser Bedeutung sein und würde gleichzeitig eine weitere Uebereinstimmung zwischen den Lebern der Wirbellosen und der Vertebraten documentiren. Die ganze Entscheidung der Frage, ob man berechtigt ist, die Evertebratenleber mit der der Wirbelthiere zu analogisiren, wird aber schwerlich an diesen Befund allein geknüpft werden können;

---

1) Nähere Angaben über den Farbstoff der Helixleber finden sich in der bereits citirten Abhandlung von *T. F. W. Schlemm*.

2) Die Abwesenheit von Bilirubin und Biliverdin in der Astacusleber wurde bereits von *T. F. W. Schlemm* (l. c. p. 36) constatirt, welcher in derselben reichlich Cholestearin fand. Cf. auch *F. Hoppe-Seyler* in *Pflüger's* Archiv, Bd. XIV. S. 399.

3) Nach den Angaben *Ray Lankester's* sind günstigere Erfolge bei der Untersuchung des Leberextractes folgender Mollusken zu erwarten: Limnæus, Paludina, Planorbis, Littorina, Patella, Chiton, Aplysia, Solen legumen etc.

denn, wie sich aus folgendem kurzen Resumé der spectralanalytischen Arbeiten über das Vorkommen des Hämoglobins und anderer Farbstoffe im Thierreiche ergeben wird, ist weder die Hämoglobinbildung charakteristisch für das Blut, noch die Gallenfarbstoffbildung charakteristisch für die Leber. Seit den interessanten Beobachtungen von *Nawrocki*[1]), *Ray Lankester*[2]), *Moseley*[3]) u. A., welche die Gegenwart des Hämoglobins bei den verschiedensten Classen der Wirbellosen dargethan haben, hat bekanntlich das Hämoglobin aufgehört, ein typischer Stoff für die Vertebraten zu sein, und *Kühne's* Nachweis[4]) des beim Kaninchen auf einzelne Muskeln im Vorkommen beschränkten Hämoglobins hat die Vorstellung von einer lediglich im Dienste der Blutathmung stehenden Bedeutung desselben wesentlich modificirt. Durch die Bemühungen englischer Forscher steht uns heute eine grosse Anzahl von der Beobachtung *Kühne's* analogen Befunden zu Gebote, ohne dass es jedoch bisher geglückt wäre, das auf einzelne Organe beschränkte Vorkommen des Hämoglobins mit einer functionellen Bedeutung dieser Theile in Beziehung zu setzen. Ferner konnte der Blutfarbstoff in sehr verschiedenen Geweben (glatte und quergestreifte Musculatur, Nervenganglien [Aphrodite aculeata] etc.) aufgefunden werden, und zwar bei

---

[1]) *Nawrocki*, Centralbl. f. d. medic. Wiss. 1867. S. 196.

[2]) *E. Ray Lankester*, Observation with the Spectroscope. Journ. of Anat. and Physiol. 1867. p. 114. — Ueber das Vorkommen von Hämoglobin in den Muskeln der Mollusken etc. *Pflüger's* Archiv, Jahrg. IV. 1871. S. 315. — A Contribution to the Knowledge of Hæmoglobin. Proceedings of the Royal Society of London. Vol. XXI. 1873. p. 70. — On the Spectroscopic Examination of Certain Animal Substances. Journal of Anat. and Physiol. Vol. IV. 1870. p. 119.

[3]) *H. N. Moseley*, On the Colouring Matters of Various Animals, and especially of Deep-sea. Quarterly Journal of Microscopical Science. Vol. XVII, new ser. 1877. p. 1.

[4]) *W. Kühne*, Ueber den Farbstoff der Muskeln. Arch. f. path. Anat. Bd. XXXIII. 1865. S. 79.

Thieren, deren Blut frei davon ist. Diese Untersuchungen widerlegen hinreichend die noch sehr verbreitete Ansicht, dass das Hämoglobin in seinem Vorkommen auf das Blut beschränkt sei.

Was über die Befunde des Hämoglobins in den Geweben zu sagen war, lässt sich auch direct auf die Gallenfarbstoffe übertragen. Auch sie finden sich weder bei den Vertebraten in ihrem Vorkommen auf die Leber beschränkt[1]), noch werden sie diesem Typus der Thiere eigenthümlich sein.

Nicht weniger wichtig als der Nachweis des Vorkommens echter Gallenfarbstoffe bei Wirbellosen dürfte die Entscheidung der Frage sein, ob die Farbstoffe mit ausgezeichneten Absorptionsbändern, welche ich in den Lebern von Mollusken auffand, den Gallenfarbstoffen der Vertebraten in chemischer Beziehung nahe stehn. Wie aus den Spectren auf Tafel I ersichtlich ist, wird durch den Absorptionsstreifen vor C, dessen Lage und Breite bei den alkoholischen Leberextracten der verschiedenen Mollusken zwar geringe Differenzen erkennen lässt, eine gewisse Uebereinstimmung der Molluskenlebern unter sich ausgedrückt. Auch wird durch den Streifen vor E eine Uebereinstimmung des Farbstoffes in der Eledone- und Helixleber angedeutet, obgleich der sehr wenig ausgeprägte Streifen vor D, welchen das alkoholische Extract der Eledoneleber erkennen liess, von mir in dem alkoholischen Auszuge der Lebern von Helix pomatia und der anderen Mollusken vollständig vermisst wurde. Eine Aehnlichkeit mit den Farbstoffen in der Galle des Rindes könnte nur in dem sehr schwachen Streifen vor D, welchen das alkoholische Extract der Leber von Eledone moschata aufweist, vermuthet werden.

Auffallend bleibt die grosse Constanz der Pigmentirung,

---

[1]) cf. *F. Hoppe-Seyler*, Handb. d. physiol.- u. pathol.-chem. Analyse. IV. Aufl. 1875. S. 209. (III. Aufl. S. 180). — Physiologische Chemie. Th. II. 1878. S. 293.

welche die Lebern sowie ihr Secret auch bei den Wirbellosen charakterisiren, und welche fast als ausschliessliches Motiv zur Bezeichnung dieser Organe führte. Nicht unwahrscheinlich dürfte die von den Zoologen gemachte Annahme sein, dass die Farbstoffbildung in diesem Organe für die Wirbellosen von einer analogen Bedeutung ist, wie die der echten Gallenfarbstoffe für die Vertebraten.

Dass die Evertebratenlebern auch durch ihren Zuckerreichthum den Lebern höherer Thiere gleichen, hat schon *Claude Bernard* bewiesen, während ihr Fettgehalt eingehender zu untersuchen sein wird[1]).

Alle Enzyme, welche im Verdauungsrohre der von mir untersuchten Mollusken nachzuweisen sind, lassen sich, wie wir sehen, auch aus der Leber dieser Thiere extrahiren. Das künstliche Leberextract ist vollkommen identisch mit der Galle oder dem sogenannten Magensaft. Aus dem Mitgetheilten folgt ferner, dass die Leber dieser Thiere nicht nur alle die Functionen erfüllen kann, welche Speichel- und Magendrüsen, Pankreas und Leber der höhern Thiere in toto versehen, sondern auch dass sie ausschliesslich die Enzymbildung besorgt. Die Leber liefert alle Secrete in genügender Fülle, welche die Verdauung der Nahrung bei diesen Thieren irgendwie verlangt. Die Mollusken bedürfen keines Pankreas, keiner Speichel- und Magendrüsen; denn alle Functionen dieser Organe sind in ihrer Leber vereinigt. Ob in diesem so vielseitigen Organe Alles (die verschiedenen Enzyme, das Fett, der Zucker, die Gallenfarbstoffe etc.) durch Colliquation

---

[1]) Von Wichtigkeit für das Verständniss der Leberfunction bei Mollusken scheinen mir auch die Untersuchungen von *Sabatier* (Sur un organ parachymateux d'un gros volume chez les Ampullaires, qui est situé entre le foie et l'organe de Bojanus. Revue scientifique. Septième année. Série II. Nr. 13. p. 301) zu sein, nach welchen bei Ampullarien eine Drüse zu existiren scheint, welche theils Leber-, theils Nierenfunction versieht.

aus Einer Zelle hervorgehen kann, ob Transsudation und zur Becherzellenbildung führende Quellung der Zellen periodisch abwechseln, oder ob Arbeitstheilung unter den Leberzellen herrscht, muss zur Zeit wohl als eine offene Frage angesehen werden[1]). Der kleine und grosse periodische Wechsel der Enzymproduction, die Verschiedenheiten unter den Lebersecreten bei nahe verwandten Thieren werden sichere Ausgangspuncte zur Lösung dieser Frage bieten.

II. Ueber die Verdauung einiger Articulaten.

1) Astacus fluviatilis *Rond.*

Das Astacuslebersecret enthält mindestens drei Enzyme, ein diastatisches, ein peptisches und ein tryptisches, denen nach *Hoppe-Seyler*'s Angabe[2]) ein fettzersetzendes als viertes anzureihen wäre.

Von der Gegenwart des diastatischen Enzymes in diesen Lebern kann man sich durch die üblichen Methoden leicht überzeugen, doch ist es auch hier nöthig aus dem Magensafte wie dem Leberextracte auf die beschriebene Weise den Zucker vorher zu entfernen, wenn man zu beweiskräftigen Ergebnissen gelangen will. Dass neben dem tryptischen ein peptisches Enzym sich findet, lehrt die Extraction dieser Organe mit einer 2%igen Milchsäure- oder 0,1—0,2%igen Salzsäurelösung. Auf die zerkleinerten

---

[1]) Nach *Heinrich Meckel* (Mikrographie einiger Drüsenapparate der niederen Thiere. *Müller's* Archiv. 1846. S. 11 u. 12) entsteht bei Lymnæus stagnalis, Helix, Planorbis, Anodonta, Dreissena, Cyclas Paludina, Ostrea etc. das Gallenfett in anderen Zellen als das Gallenpigment. *Leydig* (Ueber Paludina vivipara. Zeitschr. f. wiss. Zool. 1850 Bd. II. S. 169) hingegen glaubt sich dahin aussprechen zu müssen, „dass nicht Gallenfett und Gallenfarbstoff, jedes für sich in einzelnen Zellen bereitet wird, sondern dass die fetthaltigen Zellen durch Umwandlung ihres Inhalts in gallenstoffhaltige unmittelbar übergehen.“

[2]) *Hoppe-Seyler*, Unterschiede im chem. Bau u. d. Verdauung höherer u. niederer Thiere. *Pflüger*'s Archiv, Bd. XIV. S. 398.

Astacuslebern liess ich in dem einen Falle erstere, in dem anderen die letztere Lösung acht Stunden lang bei 38° C. einwirken, während zugleich ein zweckmässiger Zusatz von Salicylsäure die Verdauungsflüssigkeit vor der Zersetzung durch niedere Organismen schützte. Die angedaute Masse wurde ausgepresst, filtrirt und in je zwei Portionen getheilt, von denen die eine mittelst Soda neutralisirt und auf einen Gehalt von 1 % an diesem Salze gebracht wurde; die andere Portion blieb unverändert. Die Flüssigkeiten, welche sauer (sei es durch Milchsäure oder Salzsäure) geblieben waren, hatten im Laufe von zwei Stunden die eingelegte Fibrinflocke bis auf einen unbedeutenden Rückstand verdaut, während die Portionen von alkalischer Reaction selbst nach Tagen die Flocken unverändert liessen. Mit gekochter Verdauungsflüssigkeit angestellte Controlversuche bestätigten den Befund, welcher meines Erachtens keine andere Deutung zulässt, als dass ebenfalls von der Lösung aufgenommenes tryptisches Enzym durch die Salzsäure in derselben Weise zerstört wurde, wie es wirkliches Trypsin wird.

Die Wirkung in salzsaurer Lösung bleibt nur dann aus, wenn man den wässrigen Leberauszug oder das Secret mit Salzsäure versetzt, weil der entstehende Niederschlag viel oder alles Enzym mit niederreisst. Immer, auch wenn nur Eine Leber extrahirt wurde, erhielt ich eine, zwar oft erst nach längerer Zeit eintretende Wirkung, in 0,1—0,2 % Salzsäure, wenn das angegebene Verfahren eingehalten wurde. Schon die einfache Thatsache, dass das Lebersecret von Astacus sauer reagirt [1]), hätte zur Aufsuchung des peptischen Enzymes führen sollen. Ist es

---

[1]) Die saure Reaction des Secretes der Krebsleber wurde zuerst von *T. F. W. Schlemm* (l. c. S. 29) entdeckt, und *Lindner* (Nonnulla de hepate et bile evertebratorum. Dissertatio. Berolini 1844, S. 23) bestätigt diese Angabe, auf den Unterschied mit der Wirbelthiergalle aufmerksam machend.

doch vollkommen unverständlich, wie ein Enzym im Dienste der Verdauung wirken kann, wenn in dem Hauptverdauungsraume die Reaction seine Wirkungsfähigkeit verhindert oder wenigstens im hohen Grade beeinträchtigt. Zwar dürfte es nicht seltsamer erscheinen und diesen Vorwurf in etwas abschwächen, dass zugleich in dem Lebersecrete von Astacus sich neben dem tryptischen, welches erst in einem nachfolgenden Verdauungsbezirke seine Verwendung finden könnte, ein peptisches Enzym vorhanden ist, das jenes nach nur einigermaassen lange währender Einwirkung vollständig zu zerstören vermag. Ferner ergibt sich schon daraus, dass die eiweissverdauende Wirkung des Krebslebersecretes sich in 0,5—2 %iger Milchsäurelösung fast ebenso rasch vollzieht als in 1 %iger Sodalösung oder bei ganz neutraler Reaction, dass dieses keine rein tryptische, sondern eine von der des Trypsins sehr verschiedene Wirkung ist. Das Trypsin, nach *Kühne*'s Untersuchungen in schwachen Lösungen organischer Säuren auf Eiweissstoffe nicht ganz unwirksam [1]), unterscheidet sich also dadurch von diesen Enzymen, dass es in alkalischen und neutralen Lösungen viel rapider wirkt als in schwach sauren; auch wirkt Trypsin nie fibrinverdauend in einer 1—2 pr. m. ClH.

Die Thatsache, dass das peptische Enzym durch längere Digestion bei 40° C. mit Sodalösung, das tryptische hingegen durch längere Digestion mit Salzsäure bei derselben Temperatur zerstört wird, liefert die einfachste Methode zur Reindarstellung dieser beiden Enzyme. Die Zusatzflüssigkeiten lassen sich durch

[1]) Das Leberextract von Cyprinus tinca, von dem angenommen werden darf, dass es reines Trypsin enthält, wirkt nach meinen Versuchen ebenfalls fibrinverdauend in 1- und 2 %iger Milchsäure-, 0,4- und 1 %iger Essigsäurelösung, während es sich unwirksam in 1 %iger Oxalsäure erweist. Auch das Leberextract von Leuciscus melanotus zeigte in 1 %iger Milchsäure fibrinverdauende Wirkung. Das Karpfenleberextract, durch Selbstverdauung gewonnen, war unwirksam in 2 %iger Essigsäure, 0,5- und 1 %iger Oxalsäure.

Dialyse leicht entfernen. Mit so gereinigten enzymatischen Flüssigkeiten wurden meine Versuche (die verdauende Wirkung prüfte ich immer an rohem Fibrin) ausgeführt, deren Resultate in Tabelle II ihren Ausdruck finden. Es ergibt sich daraus, dass es mir nicht gelang, eine Verdauung in oxalsaurer Lösung herbeizuführen, selbst wenn Glycerinextracte angewendet wurden, welche sich bei Oxalsäurezusatz nur mässig trübten, oder wenn ich direct die Lebern mit oxalsaurer Lösung extrahirte. Gekochtes Fibrin liess sich weder in milchsaurer noch in salzsaurer Flüssigkeit verdauen. In diesen Eigenschaften gleicht somit das peptische Enzym von Astacus dem Conchopepsin. Doch werden weitere Untersuchungen zu lehren haben, inwieweit diese Uebereinstimmungen mit den Eigenschaften des Conchopepsin und die Differenzen vom Pepsin der Vertebraten begründet sind, und ob sich deren Zahl durch andere Versuchsreihen nicht noch erheblich vermehren lässt.

Der chemische Act der Verdauung vollzieht sich beim Flusskrebs ausschliesslich im Magen; denn wenn der Speisebrei im Darme alkalisch wird, ist, wie ich mich vielfach überzeugte, das tryptische Enzym in demselben bereits vollständig zerstört.

Die Entscheidung der Frage, ob das neben dem peptischen vorkommende tryptische Enzym wahres Trypsin ist, bleibt spätern Untersuchungen überlassen, da ich unter den Verdauungsproducten weder Leucin noch Tyrosin auffinden konnte. Der Körper, welcher die Bromwasserreaction veranlasst, bildet sich in reichlicher Menge.

2) Periplaneta (Blatta) orientalis *L.* nebst Bemerkungen über die Function der sog. Kaumägen.

Die Angaben von *S. Basch* [1]) und *Jousset* [2]), nach welchen die Speicheldrüsen der Blatta ein diastatisches Enzym ent-

[1]) *S. Basch*, Unters. über das chylopoëtische und uropoëtische System der Blatta orientalis. Sitzungsb. der Wiener Acad. Bd. XXXIII. 1858 Nr. 25. S. 234—260.

[2]) *Jousset*. Recherches sur les fonctions des glandes de l'appareil digestif des Insectes. Compt. rend. T. 82 p. 97.

halten, kann ich vollständig bestätigen. Ich bediente mich derselben Methode, welche bei dem Nachweis dieses Enzymes in den Molluskenlebern Anwendung fand und an jener Stelle beschrieben ist. Dasselbe Enzym liess sich aus dem in den Speichelreservoiren angesammelten schleimigen Secrete gewinnen. Es besteht somit keine Identität zwischen diesen Speicheldrüsen und den Pharynxschleimdrüsen der Mollusken.

Von eiweissverdauenden Enzymen sind diese Drüsen vollkommen frei, wie schon *Jousset* hervorhob. Ich habe auch die Versuchsanordnung genau in der von *Basch* beschriebenen Weise[1]) getroffen; natürlich mit demselben negativen Resultate.

Der Magen ist auch bei diesem Articulaten ein Hauptverdauungsraum, jedoch in etwas anderer Weise als beim Krebse. Er erhält wie bei Astacus das Secret der Leberschläuche aus erster Quelle und kann nicht lediglich als der Resorption dienend, wie *Jousset* will, angesehen werden. Der aus der stärkereichen Kost, durch die Einwirkung der aus den Speicheldrüsen und den Leberschläuchen (!) stammenden Diastase gebildete Zucker scheint auch mir, in Bestätigung der Angabe *Jousset's*, in dem Magen ziemlich vollständig resorbirt zu werden; denn der Inhalt des sogenannten Chylusdarmes ist sehr arm an Zucker, ja der letztere kann selbst ganz in diesem Darmabschnitte fehlen. Dieser Befund deutet darauf hin, dass die saccharificirende Wirkung der Secrete auf Stärke und die Resorption des Zuckers hier sehr rapide erfolgen und bereits zum Abschluss gelangt sind, wenn die Speiseballen in den Darm übergeführt werden.

Die Eiweissstoffe werden in dem Magen, dessen Inhalt nur eine geringe Peptonreaction zeigt, sehr wenig verändert, obgleich die zu ihrer Transformirung nöthigen Enzyme an diesem Orte keineswegs fehlen. Dieses dürfte allein darin seine Begründung

---

[1]) *S. Basch*, l. c. S. 257.

finden, dass die Nahrung nur kurze Zeit im Magen verweilt und in Folge dessen die Wirkung der peptonisirenden Enzyme ihr Anfangsstadium nicht überschreitet.

Hat die Speise den complicirt gebauten Pylorialapparat, über welchen später Einiges zu sagen ist, passirt, so verliert sie mehr und mehr von ihrer sauren Beschaffenheit, sei es, weil die Säure gebunden, zersetzt, oder sei es, weil sie resorbirt wird. *Basch's* Angabe, der Inhalt des Chylusdarmes besitze immer alkalische oder neutrale, entschieden keine saure Reaction, fand ich stets bestätigt; aber ich glaube doch annehmen zu müssen, dass erst in diesem Abschnitte die Neutralisation, durch Diffusionsvorgänge rasch um sich greifend, eintritt, weil das saure Secret der Blinddärme im Magen stets, auch wenn der letztere reichlich Mehl enthält [1]), unter normalen Umständen seine ursprüngliche Reaction bewahrt. Meine Untersuchungen drängen zu der Annahme, dass das Secret der Blinddärme bei Blatta sich nicht in den sogenannten Chylusdarm ergiesst, wie es früher für selbstverständlich galt, sondern in den Magen. Einen, aber immerhin unbedeutenden Abfluss in den ersteren Abschnitt will ich zwar nicht in Abrede stellen. In der vortrefflichen Arbeit *V. Graber's* [2]) findet meine nothwendige Annahme eine unerwartete Stütze, wenn schon die stomachalen Ausführungsgänge der Blinddärme erst noch nachzuweisen sind. *Graber* fand nämlich, dass bei Decticus verrucivorus die Appendices pyloricae dadurch gebildet werden, dass sich zwischen die innere Chitin- und die äussere Muskelhaut eine ansehnliche Lage von Drüsenzellen einschiebt. Aus diesem Grunde sind nach *Graber* die Blinddärme auch

---

[1]) Ich fand in diesem Falle die Versuche von *Plateau* (l. c. p. 70 u. 71) nicht bestätigt.

[2]) *V. Graber*, Zur näheren Kenntniss des Proventriculus und der Appendices ventriculares bei den Grillen und Laubheuschrecken. Sitzungsb. d. Wiener Acad. Bd. LIX. 1869. S. 4 u. 5 sowie Fig. 13.

keine einfachen Aussackungen des Chylusmagens, sondern vielleicht Ausstülpungen der Drüsenschicht desselben.

Ob auch im Darme enzymatische oder nur alkalische Secrete abgesondert werden, lässt sich schwer entscheiden, weil die Wirkung der eiweissverdauenden Blinddarmenzyme erst in diesem Abschnitte ihren Höhepunkt erreicht und die Inhaltmassen somit keinen Anhaltspunkt geben, was von Enzymen zugeführt, resp. an Ort und Stelle selbst gebildet wurde. Auch auf histologische Befunde wird man sich hier wenig verlassen dürfen. Jedenfalls mischen sich im Darme dem Speisebreie keine Enzyme bei, mit denen er nicht schon in hinreichender Menge im Magen imprägnirt wäre.

Was die Natur der die Eiweisssubstanzen peptonisirenden Enzyme in dem Secrete der Leberschläuche anbelangt, so sei auf das bei Astacus Gesagte verwiesen; denn von diesem Abweichendes könnte für Blatta nicht angegeben werden, wenn man darauf keinen Werth legen würde, dass bei der Schabe ein wenig mehr peptisches als tryptisches Enzym sich findet, während bei Astacus vielleicht ein nahezu vollständiges Gleichgewicht zwischen beiden Enzymen besteht. Keinen andern Unterschied kenne ich in der verdauenden Wirkung auf Eiweissstoffe zwischen den beiden Secreten, von welchen das eine (nämlich das bei der Blatta) nach den Angaben früherer Beobachter reines Pepsin und das andere (bei Astacus) Trypsin oder ein diesem ähnliches Enzym enthalten sollte. Auch darin stimmen die Secrete der Leberschläuche beider Articulaten überein, dass sie sehr reich an Diastase sind: denn keineswegs fehlt diese in dem Auszuge und Secrete der Blinddärme von Blatta, wie *Jousset* meinte.

Die poststomachalen, theils stark chitinösen (bei Insecten), theils stark musculösen (Pylorialmägen vieler Vertebraten) und dann bisweilen hornartig bekleideten (Mugilicephalus)

Erweiterungen haben zu vielen Vermuthungen Anlass gegeben, welche alle meiner Ansicht nach wenig befriedigen. Man hat in diesen Gebilden zweckmässige Verschlusseinrichtungen, Kau- und Reibapparate gesehen, aber, wie ich glaube, ohne den Kern der Sache zu finden oder den Werth derselben einigermaassen erschöpfend auszudrücken.

Was die pylorialen Muskelbulben der höhern Thiere mit Ausnahme des Kaumagens der körnerfressenden Vögel, dessen Function unzweifelhaft feststehen dürfte, anbelangt, so muss ich diese Bildungen als ursprünglich zum eigentlichen Darme gehörig auffassen [1]). Sie haben nach Art einer Druckpresse zu wirken; in einzelnen Fällen mögen sie nebenbei auch noch eine andere Function erfüllen. Sie stellen, wenn man so will, eine centrirte Darmmusculatur vor. Wie sich das Herz zu dem übrigen Gefässsystem verhält, so verhalten sich die sogenannten Pylorialmägen zum Darme, und sie müssen als das Hauptpropulsionsorgan für diesen Abschnitt des Digestionstractus gelten. Als solches pressen sie den meist sehr zähen Speisebrei aus dem Magen in das enge Darmlumen hinein. Besonders gilt dieses für den sogenannten Muskelmagen von Mugil, welcher seit *Cuvier* allgemein mit dem Kaumagen der körnerfressenden Vögel verglichen wird, zwar ohne dass dadurch das Verständniss für jenes Vorkommen erleichtert wäre. Stets fand ich den Verdauungstractus bei Mugil cephalus von Schlammmassen erfüllt, die im Munddarme nicht fester und widerstandsfähiger waren als im Mittel- und Enddarm, also einer weitern Zerkleinerung nicht bedurften. Eine solche wäre, wenn man mehr Gewicht auf den Schutz der Darmmucosa als auf eine erschöpfende Ausgewinnung des Aufgenommenen legen würde,

[1]) Nichts würde so schlecht am Platze sein als ein hinter der vorwiegend dem Verdauungsacte dienenden Erweiterung angebrachter Kau- oder Reibapparat, welcher die Nahrungsstoffe der Einwirkung von Enzymen erst zugänglich machen soll.

z. B. bei Sparus bops viel angebrachter gewesen, dessen Darminhalt ich oft mit festen bis zwei Linien langen Fragmenten von Echinodermenstacheln durchspickt fand. Leider bin ich bei der Untersuchung der Munddarmschleimhaut von Mugil in Betreff der secernirten Enzyme zu keinem entscheidenden Resultate gelangt. Sollte sich später ergeben, dass die Zellen der Vorderdarmschleimhaut dieses Fisches Enzyme secerniren, so wäre als Function für den Kaumagen von Mugil wohl eine innige Durcharbeitung des Schlammes mit dem enzymatischen Secrete zur gehörigen Ausgewinnung der in den Contenten sehr vertheilten Nahrung anzunehmen; doch wird die wichtigere Function immer die sein, den zähen Schlamm in den engen Darmcanal hineinzupressen, wozu die geringe Entwicklung der eigentlichen Darmmusculatur nicht auszureichen scheint. Es ist dieses eine Einrichtung, welche im Antrum pyloricum der höheren Vertebraten ihr Analogon findet, und der musculöse Bulbus von Mugil wäre demnach nicht dem Kaumagen der körnerfressenden Vögel zu analogisiren, sondern dem Pylorialmagen einiger Ardeiden (Ardea, Ciconia) und Crocodile, dessen Function somit ebenfalls klar gestellt sein dürfte.

Kehren wir nach dieser zur Rechtfertigung des Folgenden mir nothwendig erscheinenden Abschweifung zu dem sogenannten Proventriculus der Blatta zurück, so wird sich nichts von dem Gesagten mit seiner Einrichtung genügend in Einklang bringen lassen; denn seitdem feststeht, dass bei Blatta sich das enzymatische Secret in dem Oesophagus (der vergleichenden Anatomen) ansammelt, dass in diesem Raume die Haupteinwirkung der Diastase erfolgt, dass fast aller Zucker hier resorbirt wird, kann ein Zerkleinerungsapparat hinter dieser wohl entwickelten Verdauungsampulle nur von untergeordneter Bedeutung sein. Ebensowenig, wie ich in Abrede stelle, dass in geeigneter Weise zwischen die Falten und Chitinleisten dieses

sogenannten Kaumagens gelangende grössere Speisereste eine Theilung erfahren können, bestreite ich, dass sein intestinaler Wulst einigermaassen ein Regurgitiren des Darminhaltes verhindert; aber seine Hauptfunction wird uns sicherlich erst dann verständlich werden, wenn wir die Einmündungsstelle des Blinddarmsecretes kennen, zu dessen vortheilhafter Vertheilung im Verdauungsrohre diese complicirte Einrichtung nothwendig erscheint.

Meiner Ansicht nach wird der sogenannte Kaumagen dieses und vielleicht aller Orthopteren functionell nur dem Spiralmagen der Cephalopoden und den Darmtaschen der Pulmonaten verglichen werden dürfen.

3) Hydrophilus piceus *L.*

Morphologisch als sehr verschieden erscheinende Drüsenapparate bereiten bei den Vertebraten die Verdauungsenzyme. Während eine grosse Anzahl tubulöser Drüschen das Pepsin für die Magenverdauung liefert, bildet eine meist einheitliche grosse Drüsenmasse (das Pankreas) die zur Verdauung im Darme erforderlichen Enzyme.

Selbst die Production eines und desselben Enzyms kann nicht nur bei verschiedenen Vertebraten von verschiedenen Apparaten besorgt werden, sondern es kann auch ein und dasselbe Enzym bei ein und demselben Thiere in verschiedenen Organen entstehen. In der Classe der Fische[1]) kann das Trypsin direct von der Darmmucosa, welche in solchen Fällen gleichsam eine auseinandergelegte Drüse darstellt, secernirt werden; es kann in schwach entwickelten Ausstülpungen der Darmwand (Appendices pyloricae) entstehen und in solchen, welche sich vollkommen zu einheitlichen Drüsen-

[1]) *C. Fr. W. Krukenberg*, Versuche zur vergl. Physiol. d. Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen. Unters. a. d. phys. Inst. zu Heidelberg. Bd. I. S. 327 ff.

massen im Laufe der Entwicklung umgeformt haben. Alle diese Möglichkeiten finden sich bei ein und demselben Thiere, bei Scorpæna, verwirklicht.

An jeder beliebigen Stelle des Darmrohres können sich Drüsenschläuche ausbilden; der Grad ihrer Entwicklung wird vorwiegend abhängen von der Natur ihrer Enzyme, der Beschaffenheit der zu verdauenden Nahrung und der Zeit, während welcher das Secret im Darmrohre seine Wirkung entfalten kann. Diese Hauptfactoren vernachlässigend hat man sich gewöhnt, auf Nebensachen den Werth zu legen. Die Länge oder Kürze des Darmkanales hat vorwiegend die vergleichenden Anatomen beschäftigt und zu Annahmen Veranlassung gegeben, welche weder consequent durchführbar noch irgendwie begründet sind. Erst wenn die Natur der secernirten Enzyme genügend bekannt, die Rhythmik der Contractionen der Darmmuskulatur und das qualitative wie quantitative Nahrungsbedürfniss der Thiere ergründet sein werden, ist man befähigt, derartigen morphologischen Befunden von nur untergeordneter physiologischer Bedeutung Rechnung zu tragen.

Bisher trafen wir bei den Wirbellosen nur gesonderte secretorische Bezirke an, welche als compacte Drüsenmassen oder als weniger complicirte Schläuche auftreten. Bei Periplaneta orientalis haben wenige Drüsenkörper des Mitteldarmes eine ausgiebigere Entwicklung erfahren, um an geeigneter Stelle vorzugsweise die Secretion der Verdauungsenzyme zu besorgen. Bei Astacus fluviatilis ist diese Differenzirung noch weiter vorgeschritten und hat bei den Mollusken bereits den bedeutendsten Grad der Entwicklung erlangt. Faltenbildungen vergrössern hier meist die secernirende Oberfläche, eine grosse Zahl und übermässige Längenentfaltung der einzelnen Schläuche entbehrlich machend.

Bei Hydrophilus piceus sowie bei Squilla mantis sind die Verhältnisse wesentlich andere. Die secretorischen Apparate

sind in der Wand des Mitteldarmes zerstreut; in keinem Bezirke haben sich einzelne dieser Drüsen vorwiegend entwickelt.

So liefern bei Hydrophilus flaschenförmige Drüsenkörper, jüngst noch als Peritonealdrüsen aufgefasst, peripherisch von der Muscularis des Mitteldarmes gelegen und diese mit ihrem trichterförmig sich verengenden Ansatzstücke durchbrechend, die Verdauungssecrete. Die Ausführungsgänge derselben treten der Länge und Quere nach winkelig gebogen durch die Darmwand hindurch und an ihrer intestinalen Mündungsstelle ist die chitinöse Intima, welche das Darmepithel bekleidet, unterbrochen. Das Darmepithel hingegen wird ausschliesslich die Resorption zu besorgen haben.

Plateau[1]) glaubt bewiesen zu haben, dass von den Zellen des Oesophagus ein diastatisch wirkendes Secret geliefert werde. Seitdem wir wissen, dass das Vorkommen von Secreten in einem Bezirke des Verdauungsrohres bei Evertebraten durchaus keinen Anhaltspunkt für die Kenntniss des Ortes seiner Bildung und Ausscheidung abgibt, kann seine Beweisführung nicht mehr genügen. Doch scheint mir eine Oesophagealsecretion nicht unwahrscheinlich, weil auch hier die chitinöse Intima von den bekannten knochenkörperähnlichen Lumina durchbrochen wird. Ueber den Werth des Secretes und die Natur etwa vorhandener Enzyme jedoch werden erst weitere Untersuchungen Aufschluss geben können.

Das Secret der Mitteldarmdrüsen, welches ich in Uebereinstimmung mit *Plateau* von unzweifelhaft alkalischer Beschaffenheit finde, ist sehr reich an Diastase. Neben tryptischem enthält es ein peptisches Enzym[2]), welches in saurer Lösung gekochtes wie ungekochtes Fibrin verdaut und mit alkalischer Flüssigkeit

[1]) *F. Plateau*, l. c. S. 50 ff.

[2]) Der Gehalt der Darmextracte an peptischem Enzym ist sehr unbedeutend und wurde anfangs von mir (l. c. p. 337) ganz übersehen.

längere Zeit bei 38° C. digerirt, zersetzt wird. An tryptischem Enzym ist das Secret viel reicher als an peptischem, welches beim Verdauungsacte dieses Thieres überhaupt nur selten zur Wirkung kommen dürfte. Das peptische Enzym von Hydrophilus piceus scheint mir dasselbe zu sein, welches sich bei Astacus und Blatta findet.

Die gelben *Malpighi*'schen Gefässe sind, wie auch ich mich überzeugte, frei von bei der Verdauung wirksamen Enzymen. Diese Thatsache verbietet zwar sie den Crustaceenlebern und den Orthopterenblinddärmen als ganz analog zu erachten, schliesst jedoch keineswegs die Möglichkeit aus, dass sie eine Function — ich meine die Farbstoffbildung, welche die meisten Evertebratenlebern charakterisirt —, mag diese auch nur eine excretorische Bedeutung haben, mit den im Uebrigen als Leber fungirenden Mitteldarmdrüsen theilt. Der gegen *Leydig* erhobene Einwand, welcher sich auf die Insertion der gelben *Malpighi*'schen Gefässe bezieht, wäre zwar hinfällig geworden, seitdem ich zeigen konnte, dass bei den Wirbellosen Secrete aus hinteren Abschnitten des Verdauungsrohres in mehr oralwärts gelegene befördert werden können.

Aus meinen Untersuchungen ergab sich, dass bei den Articulaten in derselben Weise wie bei Cephalopoden und Limaciden das Lebersecret zwei eiweissverdauende Enzyme enthält, dass die Bildungsstätte derselben bei Astacus und Blatta eine wesentlich andere ist als z. B. bei Hydrophilus, und dass bei beiden erstgenannten Articulaten ihre Wirkung sich in sehr verschiedenen Abschnitten des Verdauungsrohres äussert.

Ferner liess sich aber als das wichtigste Ergebniss feststellen, dass eines der beiden Enzyme für den Verdauungsact fast vollständig nutzlos ist, und dieser merkwürdige Thatbestand fordert nothwendig zu einer Erklärung auf.

Schon *Plateau* hat die Beweisführung angestrebt, dass die Reaction des Mageninhaltes bei Articulaten in erster Instanz von der aufgenommenen Nahrung abhängt. A priori hat *Plateau's* Annahme viel Bestechendes; sie könnte das Vorkommen der beiden eiweissverdauenden Enzyme nach dem Utilitätsprincip in ungezwungenster Weise dadurch erklären, dass die Säuerung resp. Alkalescenz der Secrete bei den Articulaten nicht in der Art geregelt würde, um der aufgenommenen Nahrung immer eine bestimmte Reaction zu geben. Um sich aber unabhängig von dieser Unvollkommenheit zu stellen und eine Verdauung in allen Fällen zu ermöglichen, werden bei diesen Thieren gleichzeitig ein in saurer und ein in alkalischer wie neutraler Lösung wirkendes Enzym der Speise im Magen beigemischt.

Aber *Plateau's* Versuche sind nicht sehr glücklich gewählt, und ihr Ergebniss wird sicherlich nicht für alle Arten der Articulaten in gleicher Weise gelten können. Es scheint mir z. B. nach meinen und den Erfahrungen anderer Autoren sehr unwahrscheinlich zu sein, dass unter normalen Umständen ein so saures Secret, wie es die Astacus- und Blattalebern liefern, im Magen dieser Thiere durch die aufgenommene Nahrung nicht nur neutralisirt, sondern sogar alkalisch gemacht wird, während ich für Cephalopoden und einige Lamellibranchiaten die Möglichkeit einer Alkalescirung gern zugestehe.

Bei Astacus fluviatilis ist die functionelle Bedeutung des tryptischen Enzymes vollkommen unklar[1]; es wird im Magen,

[1]) In der Classe der Fische, nämlich bei einigen Selachiern, findet ebenfalls die Auffassung einer für den Verdauungsact weniger bedeutungsvollen Trypsinsecretion erhebliche Stützen; denn wie schon *Leydig* (Beiträge zur mikroskopischen Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Rochen u. Haie. Leipzig 1852. S. 90) wusste, alkalescirt z. B. bei Mustelus vulgaris die Galle erst über Zollelänge hinter dem Anfangstheile des Spiraldarmes den sauren Speisebrei. Dasselbe wird von dem Pepsin haltenden Saft zu gelten haben, welcher bei Cyprinus tinca sich den alkalischen Darmcontenten beimischt.

dessen Inhalt nur von saurer Beschaffenheit gefunden werden konnte, bereits gänzlich zerstört, und der alkalische Darminhalt, an welchem es seine Wirkung äussern könnte, enthält absolut nichts mehr davon. Bei der Periplaneta orientalis hingegen dürfte dem Pepsin eine untergeordnete Bedeutung zukommen, weil bei ihr die Eiweissverdauung besonders im sogenannten Chylusdarme, also bei neutraler oder alkalischer Reaction ablaufen wird. Ganz bedeutungslos wird das peptische Enzym bei Hydrophilus piceus sein, dessen Mitteldarmdrüsensecret von diesem auch nur geringe Mengen enthält.

Einigermaassen durchsichtig wird durch diese Vergleiche wenigstens die sehr ungleiche Vertheilung der eiweissverdauenden Enzyme bei nahe verwandten Thieren.

III. Die Verdauungssecrete und deren Bildungsstätte bei Lumbricus terrestris *L.*

Diese Untersuchungen über die Digestionsprocesse bei Lumbricus terrestris wurden besonders durch *E. Claparède's* ausgezeichnete Monographie[1]) veranlasst.

Der Anfangstheil des Verdauungstractus bis zum 10. oder 12. Segmente ist vollkommen frei von Enzymen; auch in dem sogenannten Kaumagen, welchem kaum eine andere Bedeutung als die Fortbewegung der Darmcontenta zukommen dürfte, existirt nichts davon. In den etwa 6 ersten Segmenten findet im Verdauungsrohre eine reichliche Schleimsecretion stat, welche möglicherweise an specifische Drüsen gebunden ist. Die Oesophagealcontenta fand ich bisweilen von deutlich saurer Beschaffenheit[2]),

---

[1]) *Édouard Claparède*, Histologische Untersuchungen über den Regenwurm (Lumbricus terrestris L.). Zeitschr. für wiss. Zoologie. Bd. XIX) 1869. S. 563.

[2]) Nach *Victor Hensen's* (die Thätigkeit des Regenwurms für die Fruchtbarkeit des Erdbodens; Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 28, 1877, S. 359)

und es wird deshalb eine Function des kalkigen Secretes der glandulae œsophageae *Morren's* darin zu suchen sein, die sauren Speiseballen durch Alkalisirung der tryptischen Darmverdauung zugänglich zu machen.

Der alkalisch reagirende Darminhalt enthält neben Diastase ein kräftig wirkendes peptisches wie tryptisches Enzym, von welchen letzteres allein zur Wirkung kommt.

Bei Lumbricus hat man ebenso wie bei Orthopteren und Coleopteren von Drüsen gesprochen, deren Secret sich in die Leibeshöhle ergiessen soll. Es ist mir zwar keineswegs gelungen über die Function der Chloragogenzellen (im Sinne *Claparède's*) die Gewissheit zu erhalten, welche ich anstrebte. Die Ansicht, welche *Morren* [1]) äusserte, scheint mir nach meinen Untersuchungen die bei Weitem annehmbarste zu sein; denn erstens fand ich die Chloragogenzellen (im Sinne *Morren's*) nach mehrstündlicher Selbstverdauung nicht derart verändert, wie es von Enzymdrüsen zu erwarten gewesen wäre, und zweitens lässt sich durch Extractionsmethoden experimentell beweisen, dass nur der Darm mit seinen Anhängen die Verdauungssäfte liefert. Die Ansicht, nach welcher die mit starker Cuticula versehenen Darmepithelien neben der Resorption die Secretion besorgen, scheint mir nach den bekannten Verhältnissen bei Evertebraten viel gewagter als die Auffassung zu sein, welche von *Morren* vertreten wurde. [2]) Er sieht die Leber (im Sinne *Morren's*) als die eigent-

---

interessanten Untersuchungen scheint es mir wahrscheinlich, dass die saure Beschaffenheit der Nahrung dieses Wurms eher von Humussäuren herrührt, als von der, die äusseren Zellhäute pflanzlicher Wurzelhaare (cf. *C. Sachs*, Handb. d. Experimentalphysiologie, 1865, S. 189) durchtränkenden Kohlensäure. Auch *Hensen* hält die Meinung, dass der Regenwurm Wurzeln abnage, für ganz unbegründet (l. c. S. 361).

[1]) *C. Morren*, descriptio structurae anatomic. et expositio hist. nat. Lumbrici vulgaris sive terrestris. 1826. p. 129.

[2]) Nicht unerwähnt darf die Ansicht *Leydig's* (über Phreoryctes Menke-

lich enzymbildende Drüse an, deren intestinale Ausführungsgänge erst noch zu finden sind. Nach *Claparède* ist der drüsenzellige Belag des Darmes und der Gefässe functionell ein und dasselbe, weil der morphologische Charakter keine Unterschiede erkennen lässt. Dieser Schluss ist meiner Ansicht nach unberechtigt, weil nur experimentell über die Function von Drüsen entschieden werden kann. Bei Cephalopoden finden sich sehr ähnliche Verhältnisse. Das *Hunter-Siebold*'sche Pankreas gleicht oft so sehr den Venenanhängen, dass selbst *Brandt* (Medic. Zoologie. Bd. II. 1833. Tab. XXXII. Fig. 2, x) dieselben bei Sepia nicht zu unterscheiden vermochte, und auch *Leuckart* bemerkt[1]), dass beide sich ausserordentlich ähnlich sehen. Wir wissen jetzt durch *Kühne*'s Untersuchungen[2]), dass das *Hunter-Siebold*'sche Pankreas keine Enzymdrüse, sondern nur den Schleimdrüsen am Gallengange der höheren Thiere physiologisch zu vergleichen ist, während die Function der sogenannten Venenanhänge noch einer begründeten Deutung harrt. Als letzteren sehr analoge Bildungen dürften die *Morren*'schen Chloragogenzellen bei Lumbricus gelten, während die Lumbricidenleber nicht dem *Owen*- oder *Hunter-Siebold*'schen Pankreas, sondern den Cephalopodenlebern verglichen werden müsste.

Dass die Typhlosolis, das Intestinum in intestino, wie *Willis* treffend sagte, nur als eine Vergrösserung der resorbirenden Darmoberfläche von Bedeutung und dem Spiralblatte im Selachierdarme vergleichbar ist, wird wohl als festgestellt zu betrachten sein.

Das in alkalischer Lösung wirkende Enzym theilt die Eigen-

---

anus; Archiv f. mikr. Anat., Bd. I, 1865, S. 273) bleiben, nach welcher bei Phreoryctes Menkeanus das mit braunkörniger, an Gallenfarbstoff (?) erinnernde Darmepithel auch die Leberfunction versieht.

[1]) *Leuckart* und *Frey*, Lehrb. d. Anat. d. wirbellosen Thiere. Leipzig 1847, S. 386.

[2]) Unters. a. d. physiol. Institute zu Heidelberg. Band I. Heft 4. S. 334.

schaft durch Säuren unter angegebenen Bedingungen zerstört zu werden, mit allen sonst bekannten tryptischen Enzymen. Es verdaut rohes wie gekochtes Fibrin unter Bildung jenes das Gelingen der Bromwasserreaction bedingenden Körpers und von Peptonen. Das peptische, dessen Eigenschaften bei sauren Zusatzflüssigkeiten auf Tafel II verzeichnet sind, zerstört sehr leicht das tryptische Enzym der Lumbricidenlebern; es ist deshalb beim Studium des Letzteren erforderlich, die Selbstverdauungsmethode in 1 %iger thymolisirter Sodalösung vorzunehmen. Oxalsäure inhibirt nach meinen Versuchen die Wirkung des Lumbricuspepsins nicht; in concentrirteren (1—2 %) Lösungen wird die Wirkung, abweichend von Pepsinlösungen κατ' ἐξοχήν, aber sehr verlangsamt, so dass weitere Versuchsreihen über diesen Punct erforderlich sind.

Tabelle II.

Wirkung der eiweissverdauenden Enzyme einiger Wirbelloser bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.

	Neutraler wäss. Auszg.	Salzsäur. v. 0,1—0,2 %.	Sodalösung von 1 %.	Oxalsäure von 0,4 %.	Oxalsäure von 1 %.	Oxalsäure von 2 %.	Weinsäure von 0,4 %.	Weinsäure von 1 %.	Weinsäure von 2 %.	Essigsäure von 0,2 %.	Essigsäure von 0,4 %.	Essigsäure von 1 %.	Essigsäure von 2 %.	Milchsäure von 0,4 %.	Milchsäure von 1 %.	Milchsäure von 2 %.
Lumbricus terrestris .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Squilla mantis . .	+	0	+	0	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Astacus fluviatilis .	+	+	+	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Periplaneta orientalis .	+	+	+	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hydrophil. piceus . .	+	0	+	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mytilus edulis . . .	0	+	0	+	+	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Arion ater .	+	0	+	+	+	0	+	+	.	+	0	.	.	+	.	.
Helix nemoralis . . .	.	+	0	+	+	+	+	.	.	.	+	.	.	.	+	.
Eledone moschata .	+	+	+	+	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+

IV. Das Vorkommen des diastatischen Enzymes in den Drüsen des Verdauungsapparates einiger einheimischer Süsswasserfische.

Die umfassenden anatomischen Untersuchungen und geistvollen Deductionen von *P. Legouis*[1]) bieten ein sicheres Fundament für die vergleichende Physiologie der Nutritionsprocesse bei den Fischen. Nur weil von den physiologischen Experimentatoren der allerjüngsten Zeit diese werthvolle Stütze vernachlässigt wurde, liess sich die falsche frühere Vorstellung von der Leber vieler Fische durch eine andere nicht weniger verkehrte (aber, wie ich hoffe, nur sporadische) ersetzen. Alle physiologischen Versuche haben nur die Richtigkeit des Schlusses von *Legouis* bewiesen: nämlich dass bei einigen Teleostiern die sogenannte Leber die Pankreasfunction einschliesst, keineswegs, dass das, was früher als Leber bezeichnet wurde, ein reines Pankreas ist.[2])

Die Untersuchungen älterer Autoren über das Fischpankreas wären wenig geeignet gewesen, die Resultate zu erklären, welche die Experimente in der neuesten Zeit lieferten; denn zu ihrem Verstehen war die Kenntniss der Dissemination (diffusion franz. Aut.) des Pankreas ein nothwendiges Erforderniss. Zwar muss ich nach meinen Beobachtungen behaupten, dass zur Zeit bei Fischen noch Manches für ein Pankreas ausgegeben wird, was sicherlich mit demselben nichts zn thun hat. Das gilt vorzüglich von den Fischen aus der Familie der Muræniden,

[1]) *P. Legouis*, Recherches sur les tubes de *Weber* et sur le pancréas des poissons osseux. Annales des sciences nat. Zoologie. 1873. 5e série. T. XVII et T. XVIII.

[2]) Ein inniges Durchdringen zweier morphologisch und vielleicht auch functionell verschiedener Drüsenkörper berichtete ebenfalls vor Kurzem *J. Bermann* (Ueber tubulöse Drüsen in den Speicheldrüsen. Centralbl. der med. Wiss. 1877. Nr. 50. S. 897) von der Glandula submaxillaris des Menschen und Kaninchens.

bei welchen ich absolut nichts von tryptischen Enzymen nachweisen konnte. Die Ergänzung der morphologischen und physiologischen Daten wird aber, wie man wohl hoffen darf, auch auf diesem Gebiete bald Klarheit schaffen.

Wir sind demnach in der Klasse der Fische mit unseren Untersuchungen weiter gelangt als bei den Articulaten und Mollusken. Bei den Fischen sind wir berechtigt in einem oberflächlich als einheitlich erscheinenden Drüsenorgane zwei Organe zu sehen, ein complicirt zusammengesetztes Secret aus zwei verschiedenen Quellen abzuleiten. Was als Leber bezeichnet wurde, ist Leber und Pankreas zugleich; es ist ein **Hepatopankreas.** Solche Schlüsse waren bei den Evertebraten noch nicht erlaubt; von deren Lebern wissen wir noch nicht, ob wir sie in mehrere Organe auflösen werden, ob ihr Secret aus functionell verschiedenen Zellen stammt!

Meiner früheren Mittheilung über die eiweissverdauenden Enzyme bei Fischen habe ich an dieser Stelle nur wenig Neues hinzuzufügen.

Ich habe Perca fluviatilis genauer untersucht und finde, dass die Appendices pyloricae derselben nur eine Schleimabsonderung besorgen, wie bereits früher von mir vermuthungsweise ausgesprochen wurde. Die sogenannte Leber (Hepatopankreas) enthält reichlich pankreatische Elemente, welche stellenweise auch frei (das Pankreas *Brockmann*'s), von specifischer Lebersubstanz unbedeckt, liegen. Die Magenschleimhaut secernirt reichlich Pepsin. Demnach fügen sich die Verhältnisse bei Perca fluviatilis vollständig dem für Leuciscus melanotus gegebenen Schema (cf. Fig. 8 in meiner früheren Arbeit).

Nach demselben Typus verläuft die Secretbildung bei Cobitis fossilis, während sich Barbus fluviatilis, bei welchem kein Pepsin nachweisbar war, den Cyprinen anreiht. Die Galle von Barbus fluviatilis wirkte bei 40° C. fibrinverdauend,

während mit der Leuciscusgalle bei keiner Temperatur eine Wirkung erzielt werden konnte. Auch die Galle von Cyprinus carpio ist vollkommen frei von tryptischen Enzymen. Die Differenzen, welche in dieser Beziehung die Galle nahe verwandter Fische aufweist, sind nur von morphologischer Bedeutung. Meine Befunde beweisen, dass beim Karpfen sich der pankreatische Saft der Galle erst dann beimischt, wenn diese die Gallenblase verlassen hat, während eine Mischung beider Secrete bei Barbus fluviatilis und vielen anderen Fischen (z. B. Perca fluviatilis, Scorpæna) bereits in der Gallenblase stattfindet oder schon vor dem Eintritte in die Blase stattgefunden hat.

Das diastatische Enzym wurde meiner früheren Mittheilung zu Folge in den Lebern der Elasmobranchier, deren Untersuchung zwar wegen des grossen Fettgehaltes mit fast unüberwindlichen Schwierigkeiten zu kämpfen hat, von mir stets vermisst.

Die Leber resp. das Hepatopankreas vieler Fische (besonders der Cypriniden) zeichnet sich, wie *Claude Bernard* fand, durch den grossen Reichthum an Zucker aus. Auch peptonfreie Auszüge lassen sich fast nie erhalten. Aus diesem Grunde ist es nöthig, die Extracte der Dialyse zu unterwerfen, weil ohne diese Vorsichtsmassregel das diastatische Enzym nicht nachweisbar ist. Anfangs wurde diese Versuchsanordnung versäumt und die Zuckerproben direct mit den wässerigen Auszügen angestellt. Diese Versuche erscheinen mir jetzt sehr ungenau, und ich gebe deshalb im Folgenden nur die Resultate, welche mit vollkommen zucker- und peptonfreien Extracten erhalten wurden. Die im Dialysor enthaltene Flüssigkeit wurde in zwei gleiche Portionen getheilt, in der einen das Enzym durch Kochen zerstört und beide mit gleichen Mengen von Stärkekleister versetzt. Nach 2—3-stündlicher Digestion bei 38° C. wurde die Zuckerprobe ausgeführt.

Das diastatische Enzym fehlte vollständig in den Appendices pyloricae von Perca fluviatilis. In der Mundschleimhaut eines jungen Karpfen, von Cobitis fossilis und Perca fluviatilis war es ebenfalls nicht nachweisbar. Nur sehr minimale Mengen fanden sich in dem Hepatopankreas bei Perca; mehr davon enthielten die Auszüge desselben Organes von Leuciscus melanotus, Cobitis fossilis, Cyprinus carpio und Tinca vulgaris. Die Frage, ob das in dem Hepatopankreas gefundene diastatische Enzym dem pankreatischen — oder dem Lebergewebe angehört, liess sich nicht entscheiden; doch wird Ersteres zu vermuthen sein, wenn schon nach *Jousset*'s Angabe[1]) *Claude Bernard* das diastatische Enzym in dem Pankreas (?) verschiedener Fische vermisste.

Meine in beschriebener Weise angestellten Versuche mit der Mundschleimhaut von Cyprinus tinca und Leuciscus melanotus, zu denen eine Stelle in *Treviranus*' Biologie[2]) die Veranlassung gab, lieferten als Resultat, dass sich aus derselben ein kräftig wirkendes diastatisches Enzym durch Wasser extrahiren lässt. Es steht zu erwarten, dass die Zahl dieser Befunde durch fernere auf eine grössere Menge von Fischen ausgedehnte Versuche sich beträchtlich vermehren lassen wird. Auch sei darauf hingewiesen, dass die in der Gaumenschleimhaut eingebetteten Drüsenzellen, welche bei Cyprinus Carpio, Cobitis, Belone, Gasterosteus etc. schon lange bekannt sind, von *Rathke* als Speicheldrüsen gedeutet wurden. Die Ansicht dieses ausgezeichneten Forschers ist ganz in Vergessenheit gerathen. Man hat mit Vorliebe den Werth des Speichels zu ergründen versucht, indem man an grob anatomische Befunde anknüpfte und allgemein angab, dass Fischen wie Wassersäugethieren die

---

[1]) *Jousset*, l. c., p. 99. Die Originalmittheilung von *Claude Bernard* konnte von mir leider nicht aufgefunden werden.

[2]) *Treviranus*, Biologie 1814, Bd. IV, S. 325.

Speicheldrüsen vollständig fehlen. Aber allen Fischen fehlt wenigstens der Speichel mit seinem typischen Enzyme, wie sich zeigte, nicht, und von den Wassersäugern wird der Beweis für das Fehlen desselben erst noch zu liefern sein.

Ich muss mich dahin aussprechen, dass die Wichtigkeit, der Nutzen des Speichels in den meisten Fällen für uns zur Zeit nicht durchsichtiger ist als das Vorkommen zweier eiweissverdauender Enzyme.

Erklärung der Abbildung.

Tafel I.

Die Leberauszüge von Wirbellosen sind selten einer spectroskopischen Untersuchung unterzogen. Genauere Beschreibungen und Zeichnungen der Spectra fehlen meines Wissens davon ganz. Auf Tafel I habe ich die Spectren von den alkoholischen Auszügen einiger Molluskenlebern zusammengestellt, und ausserdem wurden, um einen Vergleich zu ermöglichen, noch die Spectra, welche ich mit Rindsgalle erhielt, mit in die Tafel aufgenommen.

Fig. 1. Sonnenspectrum.

Fig. 2. Zwei Tage alte Rindsgalle (ziemlich concentrirte Lösung), um die Coïncidenz des Bandes vor D mit der des Spectrums 5 zu zeigen.

Fig. 3. Alkoholisches Extract der Rindsgalle (sehr verdünnte Lösung). Die drei Bänder im Violett sind, so viel mir bekannt ist, bisher unbeachtet geblieben.

Fig. 4. Alkoholisches Extract der Rindsgalle (concentrirtere Lösung). Die Streifen vor und hinter D sind bereits von *Heynsius* und *Campbell* (*Pflüger's* Archiv. Jahrg. IV. Tafel VII. Spectrum 10) aufgefunden. Der von diesen Autoren bei C gezeichnete dunkle Streifen konnte von mir nicht erkannt werden.

Fig. 5. Alkoholisches Extract der Leber von Eledone moschata.

Fig. 6. Alkoholisches Extract der Leber von Helix pomatia.

Fig. 7. Alkoholisches Extract der Leber von Limnæus stagnalis.

Fig. 8. Alkoholisches Extract der Leber von Mytilus edulis.

Beobachtungen über Druckblindheit.

Von **W. Kühne.**

Im 16. Bande von *Pflüger*'s Archiv (S. 409) beschreibt *S. Exner* einen Versuch über das Sehen mit gedrücktem Bulbus, aus welchem er Schlüsse auf chemische Processe und zur Kenntniss der Regeneration in der Netzhaut zieht. Indem man die Grenze einer das ganze Sehfeld einnehmenden schwarz-weissen Fläche fixirt und dabei den Bulbus einem allmählich steigenden Drucke so lange unterwirft, bis nahezu alle Wahrnehmung schwindet, sieht man ein in der schwarzen Hälfte des Grundes angebrachtes, jetzt erst durch Wegziehen eines schwarzen Papiers enthülltes, weisses Object zunächst deutlich auftauchen und nachträglich verschwinden. Die Erscheinung ist ausserordentlich schlagend, und ich bemerke sie auch dann noch, wenn ich das Auge so stark oder so lange drücke, dass es mir vor dem Wegziehen der genannten Bedeckung völlig erblindet und das ganze Sehfeld von einer schwarzvioletten Wolke eingenommen scheint.

Von den Erfahrungen über den Sehpurpur und dessen photochemische Zersetzung ausgehend, sucht *Exner* die Thatsache zu erklären, indem er sagt, die durch Blutverarmung um die Versorgung mit neuem Purpur oder ähnlichen „Sehstoffen" gebrachte Netzhaut bewahre da, wo sie vom Lichte nicht getroffen wird, noch einen Vorrath jenes zum Sehen nöthigen Materials; falle später Licht auf die zuvor verschonten Netzhautstellen, so kämen die Sehstoffe zur Verwendung und Lichtempfindung sei die Folge.

Wiederholungen und Abänderungen des Versuches, die *Exner* in berechtigter Sorge um sein Auge unterliess, führen mich zu einer abweichenden Interpretation.

Ersetzt man die schwarze Bedeckung durch einen Bogen weissen Papiers, den man nur soweit über die schwarze Hälfte des Grundes schiebt, dass ein schwarzer Streif in dem nun überwiegend weissen Sehfelde übrig bleibt, und fixirt man diesen, während das Auge gedrückt wird, so erhält man genau denselben Erfolg, d. h. das kleine weisse Object wird auf dem plötzlich enthüllten schwarzen Grunde von dem scheinbar bereits erblindeten Auge noch in voller Deutlichkeit gesehen, bevor alle Wahrnehmung aufhört. Hier wird die Netzhautstelle, auf die es ankommt, dauernd vom hellsten Lichte getroffen und ihr Vorrath an Sehstoffen nach *Exner*'s Auffassung gerade so erschöpft, wie auf der Hälfte, welche in seinem Versuche nur dem weissen Theile des Sehfeldes entsprach, und doch sieht man das nachträglich vorgeführte Object anscheinend mit derselben Deutlichkeit.

Ich bin der Meinung, dass es sich sowohl bei dem ursprünglichen, wie bei dem modificirten Versuche um eine im entscheidenden Augenblicke erfolgende Art der Erregung handelt, für welche auch das gedrückte und vermeintlich erblindete Auge aus bekannten Gründen noch tauglich ist: während wir von den die Netzhaut gleichmässig und dauernd treffenden Erregungen nichts mehr bemerken, wenn die Erregbarkeit bis zu einem gewissen Grade durch den Druck oder die Blutarmuth gesunken ist, gelangt der Zustand des Organs noch zur Wahrnehmung, wo starke Unterschiede der Erregung entstehen. Es ist derselbe Fall, wie bei Empfindungsunterschieden überhaupt, welche sowohl räumlich, wie zeitlich genommen, das kräftigste Mittel sind, um die centrale Reaction gegen peripherische Reize zu wecken. Das Experiment lässt sich daher auch in der Weise umdrehen, dass man die weisse Hälfte des Sehfeldes mit einem schwarzen Objecte

versieht, dieses weiss bedeckt und hervortreten lässt, wenn das gedrückte Auge nichts mehr sieht: das Object wird dann deutlich auf einem eigenthümlich glänzenden hellen Grunde wahrgenommen.

Es gab ein Mittel, die als ein neues Moment unwillkommenen Empfindungsunterschiede für den gegenwärtigen Zweck unwesentlich werden zu lassen und ein Experiment anzustellen, welches den *Exner*'schen Versuch von allen Einwendungen entlastet. Man klebe 3—4 Ctm. vom Rande einer mattschwarzen Tafel parallel mit jenem und in derselben Entfernung von einander 2 weisse Quadrate von 2—3 Ctm. Seite, lege daneben ein weisses Blatt und bedecke die kleinen Quadrate so mit einem aus weissem und schwarzem Papier zusammengeklebten Bogen, dass dessen Grenze zwischen sie fällt. Das Sehfeld ist jetzt mit Ausnahme eines schwarzen Quadranten weiss. Fixirt man den Mittelpunkt mit dem gedrückten Bulbus, bis man glaubt vollkommen erblindet zu sein, so tauchen die weissen Blättchen bei plötzlichem Wegziehen der schwarz-weissen Bedeckung beide auf, aber das, welches weiss verdeckt war, erscheint grau gegen das andere, das nun in hellstem Weiss unter der schwarzen Decke hervortritt. Es braucht kaum gesagt zu werden, dass die Beobachtung nur insofern Neues enthält, als die genannten Helligkeitsunterschiede beim Sehen mit gedrücktem Bulbus unvergleichlich beträchtlicher ausfallen, als wenn man sich des normalen Auges und dessen Ermüdung durch langes Hinstarren bedient.

Bei allen diesen Versuchen ist begreiflicher Weise die Wahl des richtigen Augenblickes, den man durch Uebung findet, zum Aufdecken des Objectes wichtig, denn das zu lange comprimirte Auge sieht überhaupt nichts mehr, auch wenn vor der Probe gar kein Licht hineinfiel. Je heller das Object ist, desto länger hat der Druck zu dauern: man thut daher gut, die Beleuchtung so schwach wie möglich zu nehmen. Um das Bild eines nahe gerückten Argandbrenners zum Schwinden zu bringen,

bedurfte ich so langer Zeit, dass ich mich zur Wiederholung des Versuches nicht entschliessen mochte. Ich hatte dabei den Eindruck, als ob das Bild nach dem ersten Verlöschen in einem gewissen Rhythmus wieder auftauchte, aber ich vermag nicht zu sagen, wie weit es gelungen war, den Druck constant oder hinreichend zu erhalten. Unter schwacher Beleuchtung halte ich die Beobachtungen dagegen für kaum gefährlich, denn ich bringe es im gänzlich verfinsterten Raume nach sehr kurzer Zeit dahin, absolut nichts mehr zu sehen, wenn Jemand die Thür hinter mir soweit öffnet, dass er alle um mich befindlichen Gegenstände oder ein weisses Blatt, das vor mir liegt, gerade scharf erkennt.

Das Unternehmen *Exner*'s, durch subjective am Menschen angestellte Beobachtungen die photochemische Hypothese des Sehens zu stützen, ist gewiss nur freudig zu begrüssen und ich würde um so weniger Veranlassung finden, der Auffassung seines Versuches fern zu bleiben, als ich denselben so umzugestalten vermochte, dass er den dagegen zu erhebenden Bedenken nicht mehr unterliegt. Die Thatsache aber, dass Steigerung des intraoculären Druckes in ganz kurzer Zeit auch ohne Mitwirkung von Licht Blindheit erzeugt, spricht gegen die **ausschliessliche** Erklärung der Erscheinungen durch Vorräthe von Sehstoffen, oder deren Verzehrung mittelst des Lichtes, und es scheinen mir die Deductionen *Exner*'s darum nur insofern und im Allgemeinen das Richtige zu treffen, als sie überhaupt an chemische Vorgänge in der Nervensubstanz anknüpfen. Wir können uns in der That nur so Vorstellungen über Störungen, welche Aenderungen der Blutcirculation und der Ernährung an den nervösen Apparaten erzeugen, verschaffen, dass wir daran eine chemische Veränderlichkeit voraussetzen, welche zugleich die der Erregbarkeit und des Leitungsvermögens bedingt.

Das Erblinden der Netzhaut nach Einschränkung oder Unterbrechung der Circulation im Auge ist zunächst nicht über-

raschender, als Ohnmacht und Bewusstlosigkeit bei Hirnanaemie es sind, und da die Retina ein Theil des Hirns ist, wie dieses gewebt aus Nervenzellen und -Fasern, so bedarf es besonderer Gründe, um ihr noch in anderem Sinne, als es für die genannten Elemente angenommen wird, Abhängigkeit von der Ernährung zuzuschreiben. Solche Gründe finden sich in der anatomischen Einrichtung ihres Sinnesepithels, der Stäbchen- und Pigmentschicht, und in der bei Warmblütern erwiesenen physiologischen Beziehung der Regeneration des Sehpurpurs zur Blutcirculation, aber welche Gründe gibt es, anzunehmen, dass ausschliesslich der Vorrath lichtempfindlicher Stoffe oder der photochemisch wirksame Theil und nicht zugleich der leitende des ganzen Apparates unter der Combination von Licht und Druck auf das Auge leiden? *Exner* meint, und ich könnte mich von neuen Grundlagen aus ihm bis soweit anschliessen, weil die Lichtwirkung das Erblinden des gedrückten Auges befördert oder beschleunigt, müsse man den Lichtempfänger allein für afficirt halten. Man darf darauf wohl antworten, weshalb denn wenige Secunden später ohne alles Licht die gleiche Störung auftritt und weshalb ein blutarmes Auge mit dem vermeintlich ungelähmten Leitapparate nichts mehr sieht, obwohl ihm der einzige bekannte Stoff, auf welchen hin von hypothetischen Sehstoffen die Rede ist, d. h. der Sehpurpur nachweislich in grosser Menge erhalten blieb.

Ich bin zwar auch der Ansicht, dass die Nervenfaser sogar bei Warmblütern in hohem Grade unabhängig von der Ernährung durch Blut und Lymphe fungirt, aber ich möchte das Gleiche von den übrigen der Retina, ausser dem Sinnesepithel, zukommenden Bestandtheilen, den Körnern und Ganglien nicht annehmen, trotz der Weitmaschigkeit ihres Gefässnetzes und der Erfahrung, dass es Netzhäute von Säugern (Pferd, Kaninchen) gibt, welche zum stark überwiegenden Theile gefässlos sind. Wie die Ernährung der vorderen Schichten in den letzteren Ausnahmsfällen

geschieht, wissen wir nicht, aber am Menschen ist durch ärztliche Erfahrungen sichergestellt, dass Störungen des retinalen Kreislaufes schnell Erblindung bewirken, unter Umständen also, wo das Sinnesepithel, welches vermuthlich ganz auf den Chorioïdalstrom angewiesen ist, wohl noch intact und nur der gangliöse Leitapparat beeinträchtigt ist. Bei Druck auf den Bulbus wird freilich auch die Chorioïdea an Blut verarmen und in dem Sinnesepithel der Antheil zu leiden beginnen, den ich als den Empfänger des chemischen Reizes im Gegensatze zu den Lichtempfängern oder den photochemisch zersetzlichen Stoffen (Sehstoffen, Sehregern) bezeichnen möchte.

Seit dem Nachweise photochemischer Processe in der Retina sind in diesem Organe offenbar mindestens 2 etwa in der Weise verschiedene Arten chemischer Vorgänge anzunehmen, wie die, welche wir z. B. am Geschmacksorgane unbedenklich unterscheiden, indem wir eine oberflächliche Aetzung des Sinnesepithels nicht mit der ganzen darauf folgenden Kette chemischer Processe, welche für die Leitung im nervösen Geschmacksapparate in Betracht kommen, zusammenwerfen, und solches Unterscheiden wird nicht nur gefordert, weil das Sinnesorgan aus verschiedenen Geweben besteht, sondern ist auch im einzelnen anatomischen Elemente, hier in der Epithelzelle, berechtigt und nothwendig. Will man nun heute entscheiden, welche der beiden Arten chemischer Vorgänge am meisten auf den Ernährungsstrom angewiesen zuerst im gedrückten Bulbus unmöglich wird, und Wahrscheinlichkeiten gelten lassen, wie *Exner* es thut, so kann nur an Bekanntes angeknüpft und angenommen werden, dass nicht die erste, sondern die zweite Art mit der Circulation geändert wird, denn vom Sehpurpur ist die vollkommene Unabhängigkeit sowohl des Bestandes, wie der Zersetzung durch Licht, von allen sogenannten Lebensbedingungen, ja in gewissem Grade und innerhalb der hier in Betracht kommenden kurzen Zeit sogar die Regeneration ohne

Blutzufuhr zum Retinaepithel beim Säuger nachgewiesen. Ich habe mich auch zum Ueberflusse überzeugt, dass der Sehpurpur im Auge lebender Kaninchen durch Druck ohne Licht [1]) in längerer Zeit nicht schwindet, und selbst bei Beleuchtungen von der Intensität und Dauer, wie ich sie zu den Druckversuchen an meinem Auge benutzte, keine Veränderung erkennen lässt. Es heisst also den „Sehstoffen" ein wesentlich anderes Verhalten, als ihrem Modelle, zuschreiben, wenn man die Druckblindheit nicht auf Störungen des Leitapparates zurückführt.

Darin, dass *Exner* die letztere Annahme ganz verwirft, liegt die Verschiedenheit seiner Auffassung von der meinigen, während er bezüglich des von der Ernährung unabhängigen Vorrathes an Sehstoffen scheinbar auf dem soeben erörterten Standpunkte steht. Es lag mir aber daran zu zeigen, dass die Uebereinstimmung nur scheinbar und den Thatsachen gegenüber gar nicht vorhanden ist; nimmt man keine sich allmählich entwickelnde Lähmung des Leitapparates an, so bleibt das Erblinden ohne vorgängigen Lichtreiz entweder ganz unerklärt, oder man muss den höchsten Grad der Abhängigkeit des Vorrathes der Sehstoffe von der Ernährung annehmen, also das Gegentheil von Dem, was wahrscheinlich gemacht werden sollte.

So viel ich sehe, liegt in den Thatsachen nichts, was meiner Annahme widerspräche, da Alles, was beobachtet wird, gerade so verlaufen muss, wenn die im weitesten Sinne als Leitapparate aufzufassenden Theile der Netzhaut an Erregbarkeit einbüssen oder, anders ausgedrückt, in ihrer chemischen Integrität aus Mangel an Ersatz gestört werden. Diese Stücke des ganzen nervösen Sehapparates sind es eben, die analog allen Erfahrungen an der grauen Substanz anderer Orte nach Aufhebung des Er-

[1]) Starker Druck erzeugt am Kaninchenauge colossale Pupillenverengung; beim Menschen sah ich öfter im Augenblicke des Erblindens schwache Erweiterung eintreten.

nährungsstromes schnell den Dienst versagen und deren Paralyse ohne Frage beschleunigt wird, wenn in die kurze Frist, bis zu dem, an sich erfolgenden vollständigen Verluste der Erregbarkeit, noch Reize fallen. Man wird vergeblich nach einer das Sehen in unserem Falle betreffenden Erscheinung suchen, welche nicht mit Umgehung der intraocularen Drucksteigerung durch anderweitige Einflüsse auf den nervösen Apparat auch erzielt werden könnte. Wir erreichen dasselbe bei Ermüdung durch übertriebene Intensität oder zu lange Wirkung des Lichtes, dasselbe durch ausserordentlich schwache Belichtung; im ersten Falle wirkt die maximale Intensität, weil sie die Erregbarkeit stark herabsetzt, alsbald wie minimale, im letzteren ist der Effect demjenigen gleich, welchen mittlere Intensitäten am nahezu gelähmten Organe erzeugen. Starre ich im fast verfinsterten Zimmer auf einen schwarz-weissen Bogen, bis die Grenze verschwimmt, was sehr schnell geschieht, so brauche ich nur ein weisses Object auf der schwarzen Hälfte plötzlich aufzudecken, um durch den sehr deutlichen Anblick an die Macht der Empfindungsunterschiede gemahnt zu werden, wie in dem *Exner*'schen Versuche, und wenn ich eine in schwarze und weisse Sectoren getheilte, rotirende Scheibe aus dem Hellen, wo sie stark flimmert, in die Dämmerung versetze, sehe ich sie so homogen grau, wie *Exner* es sehr richtig (l. c.) für die Betrachtung mit gedrücktem Bulbus auch beschreibt. So kommt man also auf die verschiedenste Weise zu denselben Wahrnehmungen und muss sich fragen, welche es noch für den gedrückten Bulbus gebe, die den Leitapparat seiner Netzhaut intakt erscheinen lasse.

Seit *Donders*' erster Beobachtung über künstliche Druckblindheit sind von *M. Reich* Versuche über dabei auftretende Aenderungen des Farbensehens angestellt (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XII, S. 238). Da ich die Arbeit von *Reich* erst nachträglich kennen lernte, war ich in der Lage deren Angaben sehr unbefangen zu

bestätigen. Auch mir vergiengen alle Farben nach vorherigem Uebergange in Weiss oder Grau und indem das Grün vor dem Roth weiss wurde. Es ist aus *Reich*'s Bemerkung (S. 250 l. c.) nicht klar zu entnehmen, ob er sich überall auch auf Spectralfarben bezieht, und darum vielleicht die Mittheilung willkommen, die ich hinzufügen kann, dass der Versuch mit dem Spectrum vorzüglich gelingt. Man braucht nur eine Farbe desselben gesondert durch ein Diaphragma auf ein Stückchen weissen Papiers von entsprechender Grösse, das auf eine schwarze Tafel geklebt ist, fallen zu lassen, um sie im Dunkelraum mit gedrücktem Bulbus bei Grün und Roth durch Gelb schlagend, beim Blau anscheinend direkt in lichtschwaches Weiss übergehen zu sehen. Bekanntlich ist es nicht anders bei starker Dämpfung des Lichtes, wenn man z. B. mit trübem Tageslichte und sehr engem Spalte arbeitet, wo man zuletzt wohl noch etwas wahrnimmt, aber jede Farbenempfindung aufhört, also Weiss gesehen wird. Vom ganzen Spectrum wird so schliesslich nur noch Gelbgrün als ein falber Streif ohne farbigen Charakter gesehen. Es ist unnöthig daran zu erinnern, dass Gemälde in tiefer Dämmerung farblos erscheinen, Aquarelle namentlich wie Lithographieen, bunte Teppiche wie Trauerstoffe, man kann aber dieselbe Veränderung im besten Lichte sehen, wenn man mit gepresstem Auge darauf blickt.

Das von *Reich* zuerst bemerkte Auftreten eines dunklen Schattens im lichten Sehfelde am Fixirpunkt, womit die Druckerscheinungen beginnen, schien darauf zu deuten, dass in der Retina zuerst die Zapfen der Fovea, dann vielleicht die Zapfen überhaupt vor den Stäbchen unter der Blutverarmung leiden und dass es ein Stadium geben werde, wo wir noch mit den bezüglich der Ernährung vielleicht selbständigeren Stäbchen sehen, also nach der *M. Schultze*'schen Hypothese wohl noch Licht, aber keine Farben mehr wahrzunehmen vermögen. Man kommt jedoch von dieser Auffassung zurück, wenn man beachtet, dass

der erwähnte Schatten nicht genau am Fixirpunkte, sondern etwas nach aussen davon im Sehfelde liegt, und dass es nicht die centralen zapfenreichen, sondern die peripheren, überwiegend Stäbchen führenden Netzhautstellen sind, wo die Farben nicht nur zuerst in Weiss übergehen, sondern, was wichtiger ist, überhaupt am schnellsten gänzlich verschwinden. Indess bleibt die Frage noch der Erledigung durch weitere Untersuchungen opferwilliger Augenbesitzer vorbehalten.

Wie man sieht, führt auch die Ausdehnung der Druckversuche auf die Farbenwahrnehmung zu keinen andern Resultaten, als zu den bereits von andern Forschern (*Aubert*, *Hering*, *Landolt* u. A.) mittelst Herabsetzung der objectiven Intensität, Verkleinerung der Bilder oder Verlegung derselben auf die Peripherie der Netzhaut erhaltenen.

Stellt man den Eingangs erwähnten modificirten *Exner*'schen Versuch statt mit 2 weissen, mit 2 farbigen Objecten an, so fällt ein anscheinend höchst paradoxes Phänomen auf. Was ich darüber zu sagen habe, bezieht sich vorwiegend auf Objecte von rothem, wenig zum Purpur neigenden, nicht glänzenden Papier sehr gesättigter Färbung, aber ich zweifle kaum, dass es auch für andere Farben, mit welchen ich nur wenige Beobachtungen anstellte, gültig, obschon vielleicht minder schlagend befunden werde. Ich musste wegen der Warnungen, welche alle mit dem Gegenstande Vertrauten gegen Druckversuche erheben, von weiterer Verfolgung der Sache abstehen.

Das Phänomen ist dieses: im Augenblicke des Aufdeckens, das wie immer erst geschieht, wenn kein Licht mehr wahrgenommen wird, erscheint das schwarz bedeckt gewesene, rothe Quadrat weiss, das weiss verhüllte und gleichzeitig aufgedeckte intensiv roth: eine Stelle der erblindenden Retina also, die kein Licht empfing, erweist sich schlechter farbenempfindlich, als eine zuvor intensiv belichtete.

Dieser Unterschied fällt begreiflich weg, wenn die Bedeckung dasselbe Licht aussendet, wie das unterliegende Object; zieht man also im geeigneten Augenblicke ein roth-schwarzes Papier fort, so scheinen die beiden kleinen rothen Quadrate gleich, gelblich oder weiss. Anders ist es, wenn neben dem Schwarz Blau oder Grün benutzt werden, denn hier taucht die rothe Farbe des Objectes wieder zu der Zeit auf, wo das nebenstehende, schwarz verhüllt gewesene schon weiss aussieht.

Lässt man in der Decke die Farben mit Weiss concurriren und wählt zunächst Roth, so wird nur das von dem letzteren befreite Object weiss, das andere richtig gesehen, während nach der Vorbereitung mit Weiss und Blau das von der farbigen Ueberlage befreite gelblich neben dem anderen normal roth gebliebenen gefunden wird. Gleichheit ist endlich wieder vorhanden nach dem Zu- und Aufdecken mit Weiss und der Complementärfarbe des Objects, also mit Grün.

Hiernach sind Belichtungen der Netzhaut im gepressten Auge für die normale Reaction auf eine nachträglich gezeigte Farbe unter keinen Umständen nachtheilig, indifferent wie der Mangel des Lichtes selbst, wenn sie gleichfarbig sind; am förderlichsten, wie das weisse Licht, die complementären; etwas weniger zweckmässig und bemerkbare Zumischung ihrer Complementärfarbe hinterlassend, solche der übrigen Farben.

Dies Alles scheint paradox, weil man nach dem modificirten *Exner*'schen Versuche hätte erwarten können, dass die für das erblindende Auge charakteristischen Wahrnehmungen (hier das Abblassen der Farben) um so deutlicher und früher erfolgen müssten, je mehr dasselbe während der Nachtheile, denen es während der Compression ausgesetzt ist, noch vom Lichte angestrengt wird. Aber es handelt sich auch in diesem Falle wieder um Wahrnehmung von Empfindungsunterschieden, und die Entscheidung, ob man etwas Anderes als blos Licht oder Weiss sieht gelingt

uns am besten, wenn wir eine weniger zweifelhafte Empfindung daneben haben oder am nämlichen Orte unmittelbar vorher hatten. Ob Licht im Allgemeinen empfunden werde oder nicht, wird am leichtesten entschieden, wenn nach oder neben einander nicht (schwarz) empfindende Stellen mit den schwach belichteten verglichen werden, ob Farbe oder farbloser Lichtschimmer, wenn in derselben Weise farblose oder andersfarbige Wahrnehmungen zum Vergleiche da sind, jedenfalls besser, als wenn der Gegensatz mit Nicht-Licht vorwiegend zur Entscheidung über die Lichtempfindung an sich drängt und von deren weiterer Qualität absehen lässt. Zum Gegensatze für eine Farbe eignen sich, wie der Versuch lehrt, in bemerkenswerther Weise gleich gut Weiss und die complementäre, welche hier wieder recht als „Gegenfarbe" (*Hering*) auftritt, insofern der ihrer Wirkung nachfolgende Process schon zur Empfindung der Farbe führt, die erkannt werden soll. Die immerhin noch günstige Wirkung anderer Farben dürfte darauf beruhen, dass sie bis zu einem gewissen, obschon geringeren Grade auch noch die erforderlichen Gegensätze darstellen und dass ihre Nachbilder, die später zu erkennende Farbe freilich modificirend, zur farbigen Wahrnehmung beitragen.

Ueber die Stäbchenfarbe der Cephalopoden.

Briefliche Mittheilung an den Herausgeber

von

C. Fr. W. Krukenberg.

Triest, den 10. April 1878.
K. k. Zoologische Station.

Ihrem Wunsche entsprechend habe ich durch einige Versuche an lebenden Thieren und durch Behandlung der isolirten Retina mit verschiedenen Reagentien festzustellen versucht, ob die Cephalopoden Sehpurpur besitzen oder nicht.

Mir standen hier als Versuchsthiere: Loligo vulgaris, Sepia officinalis, Eledone moschata und Sepiola Rondeletii zur Verfügung, von denen nicht nur wegen der Grösse der Augen und der geringen Wölbung des Augenhintergrundes, sondern vielmehr noch wegen der annähernd cubischen Form des Kopfes und der lateralen Stellung der Augen Loligo das bei Weitem beste Object zu derartigen Untersuchungen bildet. Daran habe ich auch die Untersuchungen anstellen können, zu deren Ausführung es des lebenden Thieres bedurfte.

Um den Einfluss des Lichtes auf den Stäbchenpurpur zu prüfen, verfuhr ich folgendermassen: Von zwei lebenden grossen Loligo wurde jeder derart auf einer dunkeln Unterlage befestigt, dass das eine nach unten gerichtete Auge dunkel gehalten wurde, das andere den Strahlen der sehr wirksamen Mittagssonne 1—2 Stunden exponirt blieb. Das belichtete Auge wurde sodann an

Ort und Stelle exstirpirt, geöffnet und in eine 10°/₀ige Kochsalzlösung gelegt. In dieser blieb es die 5 Minuten liegen, welche die Exstirpation und Präparation des dunkel gehaltenen Auges in Anspruch nahm. Diese wurde in einem verdunkelten Zimmer bei Natronlicht ausgeführt, das Auge ebenfalls in eine 10°/₀ige Kochsalzlösung gebracht und mit dem wenige Schritte entfernten und dauernd stark belichteten andern Auge des Thieres verglichen. Die Farbe der Stäbchen beider Augen liess in den angestellten Versuchsreihen absolut keinen Unterschied erkennen, und es darf somit behauptet werden, dass der Stäbchenpurpur der Cephalopoden ebenso wenig lichtempfindlich ist, wie nach Ihren Untersuchungen derjenige von Astacus. Auch an Sepia wurde dieser Versuch ausgeführt und zwar mit dem nämlichen Erfolge. Eledone eignet sich schlecht zu den Belichtungsversuchen, weil die Pupille eng und die Augen nicht so frei an der Oberfläche liegen, wie bei den übrigen Cephalopoden. Eine andere Versuchsanordnung wird sich nicht leicht zur Entscheidung der Frage nach der Lichtempfindlichkeit des Stäbchenpurpurs der Cephalopoden am lebenden Thiere treffen lassen; denn wie ich mich an einer grossen Anzahl von Thieren hinreichend überzeugen konnte, ist die Farbe nicht bei allen gleich intensiv, sondern unterliegt grossen individuellen Schwankungen. Bei einem wenige Stunden vorher im Aquarium abgestorbenen Exemplare von Sepiola war von der Stäbchenfarbe überhaupt nichts bemerkbar. Dass diese Differenzen sich nicht auf Veränderungen post mortem zurückführen lassen, wird damit verbürgt, dass auch bei sofort geöffneten Augen die Intensität des Stäbchenpurpurs zuweilen beträchtlich verschieden war, und dass andererseits seit mehreren Tagen abgestorbene Exemplare denselben in ausgezeichneter Weise erkennen liessen. Auch gelang es mir, in schwacher Kochsalzlösung (von etwa 2°/₀) den Stäbchenpurpur längere Zeit zu conserviren.

Durch die Güte des Herrn Dr. *Gräffe* in den Besitz einer grossen Menge von Sepiola gelangt, habe ich meine Versuche über die Einwirkung von Reagentien auf den Stäbchenpurpur der Cephalopoden vorzugsweise an dieser Art ausgeführt. Ich habe gefunden, dass der Stäbchenpurpur durch 2 pr. m. HCl, 5%ige Essigsäure, 4%ige Oxalsäure, durch Lösungen von Kupfervitriol und Bleiacetat, sowie durch Alkohol zerstört wird, während er sich in Kochsalzlösungen sehr verschiedener Concentration (2—30%), in Lösungen von schwefelsaurem und phosphorsaurem Natrium, sowie in Benzol als haltbar erweist. Durch Einlegen in Chlorbariumlösung und Glycerin wird die Cephalopoden-Retina blass. Im Aetzammoniak wurde ein Lösungsmittel für den Purpur der Cephalopoden gefunden, mittelst dessen sich, wie ich hoffe, bald weitere Resultate gewinnen lassen.

Diese Einwirkungen der Reagentien nahm ich, wie gesagt, an der herausgenommenen Retina vor; doch sei bemerkt, dass die Präparation derselben an frischen Augen nicht gut gelingt; es bedarf dazu einer vorhergegangenen 1- bis 2tägigen Maceration in Kochsalzlösung. Diese (ohne sichtlichen Einfluss der Concentration) eignet sich sehr gut zu diesem Zwecke, während ich Alaunlösungen, welche den Stäbchenpurpur zwar auch unverändert lassen, hierzu ungeeignet fand.

Beim Eintrocknen der Retina auf einem Uhrglase oder auf einem Porzellanschälchen nimmt die Farbe der Stäbchen bemerklich ab, ohne jedoch ganz zu verschwinden. Benetzen mit Kochsalzlösung stellt die ursprüngliche Intensität nicht wieder her.

Der Stäbchenpurpur ist nicht nur sehr resistent dem Lichte gegenüber — wovon ich mich ausser am lebenden Thiere noch an der herausgenommenen Retina, welche mehrere Stunden in einer Kochsalzlösung dem Sonnenlichte exponirt, und durch dasselbe nicht bemerkbar verändert wurde, überzeugen konnte —, sondern er erträgt auch eine ziemlich hohe Temperatur. Beim

Erwärmen der Retina in einer 30 %igen Kochsalzlösung auf 70° C. büsst der Purpur kaum etwas von seiner Färbung ein, und nur längeres Erwärmen bei 100° C. bleicht die Retina allmählich, aber vollständig.

Zur Extraction des Stäbchenpurpurs ist es erforderlich die Retina zu isoliren, und diese dann mit Ammoniak zu behandeln, weil im Cephalopodenauge noch andere, ausserhalb der Retina gelegene, in Ammoniak mit rothgelber Farbe sich lösende Pigmente vorkommen, welche aber weder auf Zusatz von concentrirter Salzsäure und starker Natronlauge noch durch Alkohol wesentlich verändert werden. Auch mittelst Kochsalzlösung lässt sich aus den Cephalopodenaugen ein stark gelbgefärbtes Pigment extrahiren, welches ebenso wenig licht- und wärmeempfindlich ist, wie der Stäbchenpurpur. Ich habe diesen gelben Farbstoff spectroskopisch untersucht. Im Spectrum tritt mit zunehmender Concentration der Lösung eine im violetten Ende rasch bis b fortschreitende Verdunkelung auf, während die Verdunkelung im rothen Ende nicht über B hinausgeht. Absorptionsbänder fehlen vollständig. Nur dieses Pigment lässt sich, wie es scheint, durch Galle aus den Cephalopodenaugen gewinnen, während der Stäbchenpurpur in den mit Kochsalzlösung behandelten Augen von derselben nicht gelöst wird.

Erwiderung
auf einen Angriff des Herrn Hoppe-Seyler.

Von **W. Kühne.**

In seinem neuesten Artikel „über Gährungsprocesse (Zeitschr. f. physiol. Chem. Bd. II. Hft. 1)“ sagt *Hoppe-Seyler* (S. 3 u. 4): „Neuerdings hat *Kühne* die Aufforderung ergehen lassen, gegen meine Unterscheidung aufzutreten, da er jedoch keinen irgend beachtenswerthen Grund hierzu anführt, halte ich es nicht für nöthig, etwas zu erwidern“. Das Wort „Unterscheidung“ bezieht sich hier auf die Annahme von Enzymen (löslichen Fermenten) in Gährungsorganismen und auf die Herleitung der Gährungsprocesse von diesen.

Darauf zur Antwort: Ich habe niemals *H.-S.'s* Unterscheidung zu begegnen aufgefordert, sondern seiner **Vermengung** ganzer Reihen verwickelter Lebensprocesse mit einzelnen wohl bekannten Enzymwirkungen, indem ich zeigte, dass Trypsinwirkung und Bacterienfäulniss, die *H.-S.* zusammengeworfen, zwei grundverschiedene Dinge sind. Wenn *H.-S.* heute beginnt, solche Unterscheidungen zu machen, wo er es bisher nicht gethan, so ist dies z. Th. ein Erfolg der Lectüre meiner „Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente“ (Bd. II. dies. Unt. S. 291), von welchem man nur ebenso befriedigt sein kann, wie von *H.-S.'s* jetzigem Zugeständniss, dass er Ferment in der Hefe „nur den gänzlich unbekannten, durchaus hypothetischen Körper in der Hefe“ (l. c. S. 2) nenne, der aus Zucker

Alkohol und Kohlensäure bildet. Man wird sich erinnern, dass ich es war, der ihm dies vorhielt und der Forschung die Freiheit zu wahren suchte, einen solchen Körper anzunehmen oder nicht, indem ich es für unrecht erklärte, davon, wie von einer des Beweises nicht bedürfenden Sache zu reden, was *H.-S.* gethan hatte.

H.-S. sagt weiter: „ich halte die Hypothese, (solche Stoffe aufzustellen, *W. K.*) für nothwendig, weil die Gährungen chemische Processe sind, die auch chemische Ursachen haben müssen, wenn physikalische Einflüsse zu ihrem Zustandekommen, wie in diesen Fällen, nicht genügen". Ob das Letztere erwiesen oder z. Zt. überhaupt erweisbar sei, mag unberührt bleiben, jedenfalls ist *H.-S.*'s jetzige Motivirung der Annahme ein Fortschritt, wiederum durch meine Ausführungen veranlasst, da er früher statt seines heutigen Grundes die angebliche Thatsache geltend gemacht hatte, dass Bacterien nicht nur im Allgemeinen ein Ferment (Enzym) enthielten, sondern Pankreatin (Trypsin), also einen durchaus nicht gänzlich unbekannten und keineswegs rein hypothetischen Körper. Denselben in den Bacterien aufzugeben, zwingen ihn meine Versuche.

Da der Erfolg meiner Darlegungen ein so vollkommener gewesen ist und noch erfreulicher sein wird, wenn *H.-S.* oder Andere ihre Bemühungen nicht vergeblich fortsetzen, aus den hypothetischen Körpern thatsächliche zu machen, so bleibt es sachlich völlig gleichgültig, ob *H.-S.*, der meine Gründe so sehr beachtete, dieselben „beachtenswerth" nennt oder nicht, und selbstverständlich, dass er nichts Sachliches erwidert. Wenn ich aber trotz der mir so günstigen Situation Herrn *H.-S.* erwidere, so wird der Leser dies sicher gerechtfertigt finden durch die an die schlimmsten Zeiten wissenschaftlicher Polemik erinnernden Aeusserungen, deren sich *H.-S.* in einer Anmerkung (l. c. S. 3) gegen mich schuldig macht. Im Texte sagt er ausserdem: „die

Behauptung von *Kühne*, dass Bacterien in mit Aether gesättigten wässrigen Flüssigkeiten leben könnten, ist ernster Beachtung nicht werth". Der nächste Tag wird ihn belehren, welche colossale Bacterienzucht man erhält, wenn man ein mässig inficirtes Pankreas in mit Aether gesättigtem Wasser unter beliebigem Aetherüberschuss hinstellt. Ich würde den Schaden, den *H.-S.* ohne baldige und „ernste" Beachtung dieser Thatsache nehmen kann, bedauern, wenn wir nicht bereits wüssten, dass er Das nicht beachtenswerth nennt, was er soeben beachtet hat.

In der genannten Anmerkung hält *H.-S.* meiner Aeusserung: „seit die Zersetzung der Albumine durch den Pankreassaft von mir erkannt worden" u. s. w., die verdächtigende Bemerkung entgegen: „bekanntlich hat *Corvisart* die Pankreasverdauung zuerst bestimmt aufgestellt". Bekanntlich ist aber Niemand mehr und stets ausdrücklich bestätigend für *Corvisart*'s Lehre eingetreten, als ich, zu einer Zeit, wo dieselbe gänzlich übergangen, oder nur von sehr Wenigen mit starken Einschränkungen zugegeben wurde, und habe ich noch gegen *Hüfner* hervorheben müssen, dass *Corvisart* auch längst die Wirksamkeit der Alkoholfällung des Pankreasinfuses erwiesen. Aber Herrn *H.-S.* gefällt es, keinen Unterschied zwischen dem von mir mit Recht und Absicht gewählten Worte Zersetzung und dem von ihm eingeschobenen „Verdauung" zu machen und nicht nur heute, sondern seit Jahren möglichst davon absehen zu wollen, dass ich eben zuerst den Beweis geliefert habe für die Albuminzersetzung oder — Spaltung bei dieser Verdauung. Er sagt (l. c.), viel Leucin und Tyrosin mit Pankreas aus Eiweiss erhalten zu haben, sei das Einzige, was ich mit Recht für mich in Anspruch nehmen könne, aber er hätte hinzufügen können, dass dies lange Zeit überhaupt das Einzige war, was jene Zersetzung bewies. Dass *Hüfner* die Unterscheidung von Pankreaswirkung und Fäulniss durchgeführt habe, was *H.-S.* gleich darauf, wie es scheint, auch

gegen mich geltend machen will, ändert daran nichts, denn ich hatte vor *Hüfner* die Zersetzung bei 4stündiger Digestion in saurer Lösung erhalten (Virchow's Arch. Bd. 39. S. 163), wo keine Spur von Fäulniss stattfand, und sehr bestimmt nicht Bacterien, sondern der Substanz des Pankreas die Wirkung zuschreiben können. Unter solchen Umständen und indem er mir das Wort (Zersetzung) mit berechneter Absicht verdreht, (in Verdauung), erlaubt sich *H.-S.* meinem Satze die Bemerkung anzufügen: „Alles ist unwahr", vielleicht in der Meinung, mit einer rohen Wendung eine andere Angelegenheit, die von mir berührt worden, rasch abthun zu können. Ich habe gesagt, die Herren *Lubavin* und *Möhlenfeld* hätten *H.-S.*'s Meinung, dass jede Verdauung die von mir erwiesene Eiweisszersetzung einschliesse, durch den Nachweis von Leucin und Tyrosin nach Pepsinwirkung darthun müssen. *H.-S.* vermeidet ersichtlich eine Selbstständigkeit der *Möhlenfeld*'schen Arbeit und dass ich hinsichtlich dieser das Richtige getroffen, zuzugeben, meint dagegen, die Untersuchungen von *Lubavin* seien von mir grundlos als unselbstständig verdächtigt. Ich kann natürlich nichts dagegen einwenden, wenn erklärt wird, *Lubavin* habe die Bildung von Leucin und Tyrosin bei der Magenverdauung „durchaus selbstständig gefunden", muss aber hervorheben, dass die Verantwortung dafür Herrn *H.-S.*, unter dessen Leitung die Arbeit, wie der Autor in der üblichen Weise am Schlusse sagt, ausgeführt worden, dennoch zufällt, da die so sehr betonte Selbstständigkeit bei einem Manne, der weder jemals vor noch nach seinem Besuche des *Hoppe*'schen Laboratoriums den Jahresberichten Anlass zur Aufführung seines Namens gegeben, selbstverständlich keine absolute sein kann. Bei Herrn *Möhlenfeld's* Untersuchung, für die *H.-S.* mit eintritt, bemerkt er, dass meine Befunde auf die Richtung seiner Arbeiten gar keinen Einfluss gehabt hätten. Es ist dies eine reine Unmöglichkeit: Aeltere Angaben und die Analysen von *Thiry* hatten

die Zusammensetzung der Peptone für gleich mit der der in Verdauung gegebenen Albumine erklärt, was neuerdings wieder von *Maly* gegen *H.-S.* und *Möhlenfeld* bestätigt worden und von *H.-S.* als richtig zugegeben zu sein scheint und es herrschte darum die Meinung, dass die Verdauung in einer nicht auf Zersetzung beruhenden Umwandlungsweise bestehe, wie es ehedem (auch nach *Lubavin*'s Citat) *Tiedemann* und *Gmelin* gedacht hatten. Während man so die fragliche Zersetzung weder behaupten noch verneinen konnte, erschien meine Pankreasarbeit, aus der man sicherer erfuhr, als es bis heute selbst durch alle späteren Peptonanalysen auch nur angedeutet worden, dass es eine Verdauung gebe, bei welcher schon bekannte und höchst charakteristische Zersetzungsproducte der Albumine auftreten; — und Das soll gar keinen Einfluss auf die Richtung von *H.-S.*'s viel späteren Arbeiten, die das gleiche Ziel verfolgten, gehabt haben? Niemand wird und kann das glauben! Wer der Sache näher steht, kann aus der Art freilich, wie *H.-S.* die an sich schon sehr unsicheren Befunde von *Lubavin* und *Möhlenfeld* in seinem Handbuche der physiol. u. pathol. chem. Analyse vor den meinigen, von Jedermann bestätigten, in den Vordergrund stellt, entnehmen, dass es ihm nichts verschlägt, die frühere Entdeckung zuverlässigerer Thatsachen ins Gefolge der späteren und zweifelhaften zu setzen, wird sich aber keineswegs damit überreden lassen, dass die früheren Beobachtungen die späteren nicht provocirt hätten; und wer die massenhafte Gewinnung des Leucins und Tyrosins bei der Pankreasverdauung erprobt hat, wird finden, dass *H.-S.* aus Mücken Elephanten macht, indem er die winzigen von *Möhlenfeld* bei der Pepsinverdauung erhaltenen Mengen jener Körper daneben stellt. Soll ich noch hinzufügen, dass das Caseïn nach *H.-S.*'s und *Lubavin*'s eigenen Angaben kein einfaches Eiweiss ist, also hier gar nicht maassgebend war und dass *Möhlenfeld* das Auftreten des Tyrosins selbst nicht für sicher

erwiesen hält? So war die Sachlage und dennoch schrieb *H.-S.* (a. a. O., 4. Aufl., S. 248): „Nach den Untersuchungen von *Lubavin* und *Möhlenfeld* bilden sich bei der Einwirkung von Magensaft auf Caseïn oder Fibrin Leucin und ein dem Tyrosin sehr ähnlicher, wohl damit identischer Körper, sowie dies *Kühne* auch bei der Verdauung des Fibrins durch die Pankreasdrüse gefunden hatte". Indem ich gegen solche Darstellung protestire, verfolge ich keineswegs persönliches oder Autoreninteresse, sondern ein sachliches. Mag es noch so oft wiederholt werden, dass die Pepsinverdauung aus den in Verdauung gegebenen Albuminen Leucin und Tyrosin bilde, die Angabe ist und bleibt falsch und wenn *H.-S.* sich nicht dazu verstehen will, die von mir aufgedeckte Quelle des Irrthums zu prüfen, so fällt der von ihm beliebten Darstellung z. Th. die Verantwortlichkeit für die heutige Verwirrung in der Verdauungslehre zu, welche das Pepsin zu einem Spaltungsmittel der Peptone wie das Trypsin macht. Dass damit Eiweissspaltung bei der Pepsinbildung durch Magenverdauung nicht geläugnet werde, habe ich an andrer Stelle bereits ausgeführt und *H.-S.*'s voreilige Bemühungen, die Körper, aus deren Auftreten dies hervorgeht, zu discreditiren, werden meiner Freude keinen Abbruch thun, endlich das Verständniss für die von uns Allen verkannten Angaben *Meissner*'s gefunden zu haben, denen so wenig gefehlt hat um die digestive Zersetzung der Albumine zu einer wohlbegründeten Thatsache zu machen. Was *H.-S.* sich im Uebrigen hinsichtlich meiner Arbeit zu sagen gestattet, veranlasst mich nur für Leser, welche dieselbe nicht kennen, zu bemerken, dass wahrscheinlich auf sie bei der Aeusserung, meine Mittheilungen enthielten ausser Phrasen und fremden Ideen kaum etwas, gerechnet worden, da *H.-S.* den Platz schwerlich anzugeben wüsste, wo dergl. zwischen der grossen Zahl meiner Versuche zu finden wäre.

Endlich bekennt *H.-S.* sich auch zu einem Irrthume, den

ich ihm mit Recht vorgehalten und schliesst mit den Worten: „Ich bedaure mein Versehen um so mehr, als es sich nun zeigt, dass die betreffende Angabe von *Kühne* überhaupt nichts Bemerkenswerthes enthielt und ich sie hätte ganz übergehen können". Ersichtlich kann Das nur zweierlei bedeuten: entweder war die Angelegenheit an sich nicht der Erwähnung werth und *H.-S.* berührte sie nur, weil er sie für eine Gelegenheit hielt mir zu widersprechen, oder die Thatsache (Verhinderung der Trypsinverdauung durch sehr verdünnte Säuren) war zu besprechen und dann hätte er mich, der sie gefunden oder nach *Danilewsky* bestätigte und erweiterte, nicht erwähnt.

Es ist traurig, dass ein Schriftsteller Anlass nahm, solchen Einblick in seine Werkstatt zu gewähren!

Heidelberg, den 30. Mai 1878.

Beobachtungen an der frischen Netzhaut des Menschen.

Von **W. Kühne.**

Durch die Güte der Herren Collegen *O. Becker* und *V. Czerny* ist es mir möglich geworden die Netzhaut eines normalen menschlichen Auges im denkbar frischesten Zustande zu untersuchen.

Die Gelegenheit fand sich bei der Exstirpation eines Epithelioms, welche die Entfernung des Bulbus nothwendig machte. Nach den von der Augenklinik erhaltenen Mittheilungen litt die 41jährige Patientin, Frau *B. B.* aus O., seit $1^1/_2$ Jahren an einem ausgebreiteten Epitheliom der Lider des rechten Auges, das auch die Conjunctiva bulb., sowie den äusseren und unteren graden Muskel ergriffen hatte. Genaue Prüfung der Functionen war wegen der in Folge starker Infiltrationen entstandenen Ptosis des oberen Lides nicht möglich gewesen und nur so viel festgestellt, dass das Sehvermögen wenn nicht ganz, doch annähernd normal geblieben, da bei entsprechender Kopfhaltung und Reposition des Lides allerfeinste Schrift gelesen werden konnte. Das linke Auge ist hypermetropisch und hat eine Sehschärfe von $^6/_9$—$^6/_6$; auf dem sonst normalen Hintergrunde sind die Chorioidalgefässe grösstentheils sichtbar, was mit den dunkelblonden Haaren einigermassen im Widerspruch steht. Zwei Stunden vor der Operation brachte Patientin in völliger Dunkelheit zu. Die in 3 Minuten von Herrn *Becker* vollendete Enucleation geschah in der Chloroformnarkose vor Natronlicht, in mässiger

Entfernung von 2 Bunsenbrennern mit Schornstein, deren Flammen mit je 2 an sehr feine Platindräthe angeschmolzenen Sodaperlen gelb erhalten wurden.

Das mir sofort (15. Mai 10 Uhr 45 Min.) überreichte Auge wurde weiter bei derselben Beleuchtung präparirt, durch einen dem Aequator parallelen, ziemlich weit nach vorn gelegten Schnitt getheilt, die vordere Hälfte in Alaun von 4 pCt., die hintere nach dem Ausstürzen der grössten Menge des Glaskörpers in NaCl von 1/2 pCt. gelegt. Nachdem die Papille mit dem Locheisen von der Retina gelöst worden, betrachteten wir den Augengrund einige Secunden vor der leuchtenden Gasflamme, dann ebenso kurz an der nach einem Corridore hin wenig geöffneten Thür des Dunkelzimmers, wo durch nach Norden gewendete Fenster Licht des wolkenfreien blauen Himmels darauf fiel: es war uns nicht möglich, die Macula lutea oder die Fovea centralis auf dem gleichmässig hellbräunlichen (blass chocoladefarbenen) Grunde an irgend welcher abweichenden Farbennuance zu erkennen, obwohl uns der Verlauf der retinalen Blutgefässe nicht in Zweifel über den Ort jener Theile liess. In der nächsten Umgebung der Papille, wo die Retina durch die Behandlung mit dem Locheisen ein wenig gekräuselt oder abgehoben war, sah man den Sehpurpur durch einen leichten rosigen Schimmer angedeutet; auch bei möglichst schräger Beleuchtung war an den übrigen Theilen der Hohlschaale nichts als die genannte hell violet-braune, gleichmässige, wenig dunkle Farbe des epithelialen und chorioïdalen Pigments zu sehen.

Ich durchschnitt jetzt den Augengrund etwas nach innen von der Papille, senkrecht zum Retinahorizonte, brachte das innere Stück mit der darin haftenden Netzhaut in ein mit schwacher Salzlösung gefülltes schwarzes Glas und löste von dem anderen grösseren Theile die Retina mit feinen Hakenpincetten unter Salzwasser vom Epithel ab, was wider Erwarten leicht gelang,

obwohl der rückständige Glaskörper untrennbar mit ihr verbunden blieb. Aus diesem grossen Netzhautstücke wurde der die äussere Papillargrenze und die Macula enthaltende Theil mit einem Scheerenschnitte in Gestalt eines halbmondförmigen Lappens abgeschnitten und auf einer mit Salzlösung getränkten weissen Platte von unglasirtem Thon so ausgebreitet, dass sich der Glaskörper gegen die Unterlage sog, während die hintere Fläche nach oben lag. Diese zeigte, in gedämpftem Tageslichte besehen, die Macula von herrlich citrongelber Farbe, rings diffus begrenzt, ungefähr im Centrum mit der völlig farblosen Fovea versehen, deren Anblick am Besten mit dem eines sehr kleinen, recht durchsichtigen Sagokörnchens zu vergleichen war. Im Umkreise des gelben Fleckes war der Sehpurpur durch einen schwach violetten Schimmer angedeutet. Nachdem sich mehrere Zeugen während der freilich sehr kurzen Belichtung von dem Sachverhalte überzeugt hatten, wurde das Präparat lichtdicht verschlossen und ein weiteres kleines Retinastück am Tageslichte besehen. Dasselbe war von sehr heller Purpur- oder Rosenfarbe und blich an dem jetzt etwas dreister zugelassenen diffusen Tageslichte mit erstaunlicher Geschwindigkeit aus. Dabei war in keinem Stadium Gelb oder Chamois zu sehen, sondern nur Uebergehen durch blasses Lila zur vollkommenen Farblosigkeit.

Dies Alles war das Werk weniger Minuten und geschah mit dem geringsten Zeitverluste, da wir die ganze Beobachtung nach einem, auch für den Fall einzelner (zum Glücke nicht eingetretener) Hindernisse vorher entworfenen Plane durchgeführt hatten.

Die lichtdicht verwahrten Präparate wurden jetzt von der Augenklinik ins physiologische Institut getragen, wo zunächst das die Fovea enthaltende Netzhautstück im Ueberviolet auf Fluorescenz untersucht wurde.

Untadelhafter Sonnenschein begünstigte die folgenden Beobachtungen.

Um an dem unersetzlichen Präparate mit möglichster Sicherheit vorzugehen, war der Ort des überviolettten Focus des *Helmholtz*'schen Quarzapparates so vor diffusem Lichte geschützt, dass man daselbst ausser fluorescirenden Substanzen nichts erkennen konnte. Dr. *Ewald*, welcher von der Form und Orientirung des Retinastückes auf der Thonplatte nichts wusste, fertigte nach dem in sehr reinem, durch zweimalige Brechung erhaltenen überviolettten Lichte gewonnenen Anblicke eine Skizze an und vermochte diese nicht nur im Contour richtig herzustellen, sondern auch die Stelle genau zu bezeichnen, wo sich die Fovea neben einem von der Papillengegend in den Rand der Macula ein wenig einspringenden Risse befand. Ich selbst sah ebenfalls das ganze Retinastück schwach grünlichweiss, nach den Rändern hin etwas stärker leuchtend, und eine der Fovea entsprechende dunklere, nicht scharf begrenzte Lücke. Nachdem das Präparat zur Hälfte besonnt worden, war auf dieser Seite das Fluorescenzlicht unzweifelhaft heller geworden und die Grenze zur dunkel gehaltenen Hälfte besonders am Rande des Lappens gut anzugeben. Besonnung der Fovea änderte an deren Verhalten im Ueberviolet nichts.

Nach Erledigung dieses Theiles der Untersuchung bemühte ich mich das Retinastück von der Thonplatte so auf ein Deckglas zu ziehen, dass es sich mit der hinteren Fläche gegen dasselbe legte, was jedoch nicht ausführbar war, ohne Risse und Falten zu erzeugen. Dennoch glaubte ich, nach dem Ansehen mit blossem Auge die Macula tadellos erhalten, da ich die Membran dort glatt ausgebreitet und die Fovea darin sehr kenntlich fand. Mikroskopisch untersucht, zeigte die Stelle indess zu meiner sehr unangenehmen Ueberraschung ein von lebhaft gelben Rändern umgebenes Loch, von schwach elliptischer Gestalt und etwa 0,2 mm. grösstem Durchmesser, in welches von allen Seiten die bekannten schlanken Zapfen radiär hineinragten. Ich habe freilich die Ueberzeugung, dass der Substanzverlust erst beim

Uebertragen der weichen Membran von der Thonplattte, wo sie adhärirte, auf das Deckglas entstanden war, volle Sicherheit darüber vermochte ich nach Lage der Dinge jedoch nicht zu gewinnen. Prof. *Becker* und Dr. *Kuhnt*, welche das der Macula entsprechende Stück des Augengrundes behufs Untersuchung des hinter der Fovea liegenden Epithels zurückbehalten hatten, versichern mich wohl, darin weder unmittelbar nach dem Wegnehmen der Netzhaut Fetzen der letzteren mit der Lupe gesehen, noch an den Pigmentpräparaten später Stäbchen- oder Zapfenreste bemerkt zu haben; da man aber nicht wissen kann, ob solche nicht von der Salzlösung, worin die Präparationen vorgenommen, weggeschwemmt worden, bleiben wiederholte Untersuchungen über das optische Verhalten der frischen Fovea des Menschen wünschenswerth.

Ausser dem überviolетten Lichte war zur Feststellung der Absorption und des Ausbleichens der frischen Präparate noch ein kleines, sehr lichtstarkes und reines objectives Sonnenspectrum vorbereitet, in welches das grössere Stück der Netzhaut sogleich ausgebreitet wurde. Es zeigte sich in Gelbgrün, Grün und Blau ausserordentlich schwache Absorption und als wir das Präparat an sehr schwachem Tageslichte auf der weissen Unterlage besahen, war von dem Sehpurpur überhaupt nur noch wenig zu erkennen. Ich muss dazu bemerken, dass dieses Stück in einer lichtdichten feuchten Kammer, mit dem Glaskörper auf einem Objectträger ruhend, wegen seiner grossen Beweglichkeit von mir selbst nach dem Laboratorium getragen worden, aber trotz seiner anscheinend guten Erhaltung, wenigstens nach dem Umlegen in Salzwasser auf eine weisse Platte, wie die mikroskopische Untersuchung nachträglich zeigte, den grössten Theil der Stäbchen- und Zapfenaussenglieder verloren hatte. Licht hatte sicher nur auf dasselbe wirken können, als ich mich vor dem Transporte durch einen flüchtigen Blick in schwachem Tageslichte von der

wohl ausgeprägten, sehr zum Violet neigenden Färbung dieses Stückes überzeugt hatte. Immerhin hatte es jedoch so viel Farbe bewahrt, dass wir uns nach 5 Min. langer Einwirkung des Spectrums von der Wirkung aller Strahlen mit Ausnahme der rothen überzeugen und nachträglich die bekannten Fluorescenzunterschiede zwischen dem grösseren, ganz gebleichten und dem kleineren, dem Roth exponirten und davon nicht veränderten Antheile, wenn auch schwach, erkennen konnten.

Es blieb jetzt noch das nunmehr etwa eine Stunde alte Netzhautstück verfügbar, das wir mit dem inneren Theile des Augengrundes in seiner natürlichen Lage in Salzwasser verwahrt hatten. Dasselbe liess sich mit Ausnahme einer kleinen Stelle, die mit einem bräunlichen Anfluge herauskam, sehr leicht vom Epithel abziehen und erschien bei gerade ausreichendem Tageslichte betrachtet, nicht so violet, wie die ganz frische Retina, mehr rosenfarben. Im Spectrum zeigte es nahezu dieselbe Absorption, wie purpurne Kaninchen- oder Froschretinae, so dass ich früher Berichtetem nur noch hinzuzufügen habe, dass uns das Maximum der Absorption vom Gelbgrün mehr ins Grün gerückt und die Verdunkelung im Violet noch schwächer erschien, als es für den Sehpurpur bisher festgestellt worden. Nach 7 Min. langer Belichtung war die Bleichung im Gelbgrün und im Grün vollendet, im Roth keine Aenderung zu sehen, im Blau, noch mehr im Violet äusserst schwache Lilafärbung zu erkennen. Die Fluorescenzunterschiede der gebleichten und der roth belichteten Strecken waren hier äusserst deutlich, das Leuchten der ersteren im Ueberviolet beträchtlich intensiver und grünlicher: ein Stückchen des roth belichteten Antheiles ins Tageslicht gehalten wurde deutlich chamois und gelblich, ehe es ganz ausblich. Die Netzhautstelle, welcher Pigment anhaftete, mikroskopisch betrachtet, zeigte einen zusammenhängenden Belag von Epithelzellen, deren Grenzen nicht durch helle Rahmen (Kittleisten) bezeichnet, son-

dern im Gegentheil durch das bis an die Zellränder reichende dunkle Pigment verwischt erschienen. Im Allgemeinen waren die Epithelzellen arm an Pigment und dessen einzelne Theilchen nur von blassbrauner Färbung.

Die Peripherie der Netzhaut am folgenden Tage aus der in Alaun gehärteten, vorderen Bulbushälfte im Zusammenhange mit der Ora serrata und der Zonula ciliaris hervorgehoben, zeigte den von mir schon früher bemerkten nach vorn gelegenen purpurfreien Saum, an dieser durch den Alaun vielleicht etwas geschrumpften Retina aber schmäler, als ich ihn bisher gesehen, von höchstens 2—3 mm., auf einer Seite breiter, als auf der anderen. Da *Donders*, der diese Asymmetrie zuerst bemerkte (Klin. Monatshft. f. Augenheilk. XV, S. 156), dieselbe hinsichtlich der engeren Begrenzung des Gesichtsfeldes auf der Temporalseite (v. *Gräfe*'s Arch. XXIII, 2., S. 255) für bedeutungsvoll hält, so wurde die Herstellung unseres Präparates von Herrn *Becker* besonders überwacht und, nachdem wir uns an dem Bulbusstücke sorgfältig orientirt hatten, in der That gefunden, dass es die dem äusseren Retinarande entsprechende Seite war, wo der Purpur am wenigsten nach vorn reichte.

Ich habe die vorstehenden Befunde ausführlich mitgetheilt, um den Leser möglichst in Stand zu setzen, sich ein Urtheil darüber zu bilden und sich bei ähnlichen seltenen Gelegenheiten in zweckmässiger Weise auf derartige Beobachtungen einzurichten. Da mir nicht Alles so glückte, wie ich gehofft hatte, kann ich mein Verfahren weder in jeder Hinsicht empfehlen, noch mich über das Resultat anders, als unter einiger Reserve aussprechen.

Was mir vor Allem wissenswerth und nur am lebensfrischen Auge des Menschen zu entscheiden schien, war das Verhalten der Fovea centralis. *Horner*'s Angaben (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV, S. 157) über eine daran freilich nur in situ bemerkte kirschrothe, allmählich schwindende Färbung bestimmten haupt-

sächlich den Plan der Untersuchung. Ich habe von jener Färbung nichts gesehen, obgleich das Präparat nicht frischer sein konnte, das Auge intra vitam lange im Dunkeln gehalten war und die ungewöhnlich schwache Pigmentirung des Epithels und der Chorioïdes der Wahrnehmung des in den Zapfen der Fovea vermutheten, möglicherweise ohne Licht, im Absterben vergänglichen Farbstoffes ganz besonders günstig hätte sein müssen. Geringeren Werth, als auf dieses negative Resultat, muss ich auf Alles das legen, was an der abgezogenen Fovea gesehen worden, und wenn ich dies ausdrücklich bemerke, wird es hoffentlich zugleich als Anregung aufgefasst, bei ähnlichen Untersuchungen keine Prüfung zu unterlassen, die zur vollen Sicherheit erforderlich ist. Ich bekenne, dass es mir vermuthlich nicht eingefallen wäre, die mir untadelhaft erschienene Macula nach den Fluorescenzversuchen besonders auf etwaige Defecte zu prüfen und dass ich diese überhaupt nur fand, weil es mich anderweitig interessirte, eine frische Fovea vom Menschen mikroskopisch zu betrachten. Was in meinen Kräften stand, dem peinlichen Zustande, mit der besten subjectiven Ueberzeugung zurückhalten zu müssen, ein Ende zu machen, habe ich gethan, indem ich am 17. Mai die Augen eines mir gütigst von der Zoologischen Gesellschaft in Hamburg überlassenen lebenden Cebus Capucinus vornahm, aber ich bin für diese Affenspecies bis heute leider in Zweifel geblieben, ob sie überhaupt eine Macula lutea und Fovea centralis retinae besitzt. Das Thier wurde nach mehrstündigem Dunkelaufenthalte in der Chloroformnarkose geköpft und die Augen gerade so behandelt, wie das menschliche. Ich fand ganz, wie in einem früheren Falle (Bd. I, S. 33) bei Macacus cynomolgus, die Netzhaut so fest mit dem Epithel verbunden, dass ich besser gethan hätte, den Versuch, sie im frischen Zustande zu lockern, abzubrechen und das Material unter Aufgabe meiner nächsten Absichten, erst nach Alaunhärtung zu verwerthen. Die Membran

zerriss derart in kleine Fetzen, dass ich eine Macula, wie gesagt, gar nicht zu finden und nur im Allgemeinen die Anwesenheit des Sehpurpurs und dessen von dem menschlichen nicht abweichendes Verhalten im Spectrum, sowie bezüglich der Fluorescenz zu constatiren vermochte. Mit dem zweiten Auge, das ich erst nach einigem Liegen bearbeitete, war nichts Besseres zu erreichen; die Hoffnung, *Horner*'s Vermuthungen am Affenauge prüfen zu können, bleibt darum sehr gering. Da diese Augen unter den nämlichen Vorbedingungen untersucht wurden, wie das des Menschen, so verdient die das Haften der Stäbchen-Zapfenschicht am Epithel betreffende Differenz einige Beachtung.

Unter den Befunden am menschlichen Auge erlaube ich mir noch die über die Farbe der Netzhaut vor und nach der Belichtung hervorzuheben. In dem von der Retina entblössten Augengrunde erschienen die beiden Schichten der Chorioïdes und des Epithels entschieden anders, als während der Bedeckung durch die noch lebenswarme Retina: die zuerst blass chocoladefarbene, also auch Violet zeigende Fläche, bot später ein helles Gelbbraun. Da die frische Retina kaum als trübes Medium anzusehen ist und alle Gründe fehlen, ihr die Fähigkeit zuzutrauen, Gelbbraun zu Violetbraun zu decken, wenn sie selbst farblos ist, so meine ich in der Erscheinung einen Beweis zu finden, dass man in schwach pigmentirten Augen wenigstens Andeutungen des Sehpurpurs in situ zu erkennen vermag.

Nach dem Abheben der Netzhaut fiel am Sehpurpur 1) die stark violette Nuance, 2) das Ausbleichen ohne Umschlagen in Chamois oder Gelb auf; offenbar ist die erstere dem menschlichen Purpur immer eigen, ausgeprägter, als bei vielen Thieren, das letztere Folge der grösseren Lichtempfindlichkeit des Sehgelbs vor Ausbruch cadaveröser Processe, welche Anlass zu dessen Fixirung und Indolenz geben. Der einige Zeit in Salzwasser aufgehobene Netzhautantheil, dessen oben gedacht wurde, diente,

wie man ersehen haben wird, zum Gegenversuche, insofern daran selbst nach weisser Belichtung der Vorgang minder flüchtig und der Umschlag des ersten Bleichungsstadiums in das zweite vor der Totalbleiche an dem Auftreten gelber Nuancen bemerkbar wurde. Braune Färbungen des Sehpurpurs, die von mehreren Ophthalmologen (*Donders* u. A.) als dem Menschen eigenthümlich behauptet werden, zeigte unser Präparat nirgends.

Um das Material vollständig auszunutzen wurden sowohl mit gebleichten, wie mit ungebleichten Antheilen der Netzhaut einige Beobachtungen über die von den Herren *v. Bezold* und *Engelhardt* auf Fluorescenz gedeuteten Erscheinungen der Blutfarbe vor der Retina in monochroïtischer Beleuchtung angestellt. Die Prüfung schien mir schon deshalb nothwendig, weil die im Blau und Violet angenommene Fluorescenz des Augengrundes, der Retina zwar zugeschrieben, aber aus Beobachtungen abgeleitet worden, welche ebenso gut die brechenden Medien oder die hinter der Retina befindlichen Gewebe des Auges als das Fluorescirende aufzufassen erlauben würden. Unser Verfahren bestand darin, die genannten Spectralfarben einzeln durch einen am Orte des objectiven Spectrums aufgestellten zweiten Spalt treten zu lassen, die auf unglasirtem Thon ausgebreitete Netzhaut in das reine Licht zu halten und feine mit dünner Blutlösung gefüllte Glasröhrchen davor zu stellen. War die Blutlösung nicht zu verdünnt, so erschien das Röhrchen anfänglich schwarz, nach längerem Hinsehen im Blau gelbbraun, im Violet schmutzig braunröthlich und zwar, im Blau wenigstens, vor der blossen Thonplatte nicht anders, wie vor den Stellen, wo die letztere von dem Retinastücke bedeckt war. Wie mir scheint, beruht die Erscheinung nicht auf Fluorescenz, sondern auf Contrast, denn sie wurde erst deutlich, wie erwähnt, durch längeres Hinsehen, am deutlichsten, wenn man Alles erst mit weissem Papier bedeckte, und nach einigem Fixiren des blauen Feldchens, das Object plötzlich aufdeckte.

Die gelbbraune Farbe steht hiermit in bester Uebereinstimmung, denn sie ist das Complementär, welches man an schwarzen Gegenständen auf blauem Grunde wahrnimmt. Wäre Fluorescenz die Ursache ihres Auftretens, so begriffe man nicht, wie sie an Blutröhrchen und Blutgefässen, die in gelbem Lichte schwarz aussehen, überhaupt kenntlich werden sollte und weshalb, wenn das erregte Licht, wie zu vermuthen, gemischter Natur wäre, nicht einfach das Roth des Blutes zum Vorschein kommt. In der That sahen schmale Streifen mattschwarzen Papiers vor die blau belichtete Netzhaut gehalten, ebenso gelbbraun aus, wie das Blut.

Wurde der Versuch im spectralen Grün angestellt, so war der Contrast minder deutlich, oder stellte sich später ein, aber ich finde für mein Auge, welches den Contrast von Grün und Purpur, wie das der meisten Menschen sonst am besten auffasst, dass es unter den Contrastfarben, auf schwarzem Felde den Purpur am schwersten, das Gelb weitaus am leichtesten wahrnimmt. Ueber das Aussehen des Blutfarbstoffs vor der mit reinem Violet beleuchteten Netzhaut vermochte ich keine sichere Ueberzeugung zu gewinnen: es schienen mir die Röhrchen wohl etwas anders, als vor der Thonplatte und ich kann nicht sagen, dass sie die erwartete schmutzig gelbgrüne Complementärfarbe zeigten. Geringe Fluorescenz der Retina in diesem Lichte bin ich darnach nicht in der Lage, geradezu in Abrede zu stellen.

Die eben genannten Beobachtungen stimmen mit zahlreichen Erfahrungen, die ich seit geraumer Zeit mit der Methode der Herren *von Bezold* und *Engelhardt* am pigmentirten Augengrunde und an der isolirten bluthaltigen Netzhaut des Schweines erworben, überein: ich muss den Nachweis der Retinafluorescenz durch blaues Licht bezweifeln und kann mich für das Violet nicht davon überzeugen. Zur Erkennung der bekannten und unzweifelhaften Fluorescenz im Ultraviolet fand ich ausserdem die Blutgefässe oder vorgehaltene Blutlösungen wenig geeignet, und es hat mich dies

um so weniger überrascht, weil man in gut gereinigtem Ueberviolet auch die purpurne Eigenfarbe der Netzhaut nicht zu erkennen vermag. Unumgänglich ist bei derartigen Versuchen übrigens vollkommene Abblendung der nicht zur Verwendung kommenden Theile des Spectrums, namentlich der rothen, da jede Fläche, auf die man projicirt, von sämmtlichen Farben genug nach allen Richtungen zerstreut, um benachbarte Pigmente so zu beleuchten, dass auch nicht davon absorbirbare Strahlen auf sie fallen.

Schliesslich habe ich noch des Farbstoffes der Macula lutea zu gedenken, dessen vitale Existenz von Manchen, in missverständlicher Auffassung der Beobachtungen von *Schmidt-Rimpler*, bezweifelt worden. Wir fanden die gelbe Färbung sofort nach dem Abziehen der Retina, also wenige Minuten nach Beendigung der Lebensverhältnisse so ausgeprägt, dass ich an der Præexistenz nicht zweifle und die Auffassung theilen muss, nach welcher die Unsichtbarkeit in situ, bei grösster Durchsichtigkeit und Adhärenz der Netzhaut am Epithel, auf dem Verhalten aller Lackfarben auf dunklem Grunde beruht.

Ueber Sehpurpur und Retinaströme.

Aus den „Upsala Läkareförenings Förhandlingar" übersetzt und für diese „Untersuchungen" mitgetheilt

von **Frithiof Holmgren.**

Durch die interessanten Untersuchungen von *Kühne* über die schnelle Bleichung und Regeneration des Sehpurpurs, sowie über die damit gewonnene Möglichkeit die optischen Bilder auf der Retina als Optogramme zu erhalten, wurde natürlich der Gedanke an eine physiologische Bedeutung des Sehpurpurs geweckt und die Frage nahe gelegt, ob und bis zu welchem Grade wesentlich der Sehpurpur beim Sehen betheiligt sei. Welcher Vorstellung man sich in dieser Hinsicht auch zuneigen mochte, so blieb der Gegenstand einer experimentellen Prüfung zu unterziehen.

Es war hierzu vor Allem nöthig über einen zuverlässigen objectiven Ausdruck für die in der Retina stattfindenden und mit dem Sehen in wesentlichem Zusammenhange stehenden materiellen Vorgänge zu verfügen, eine Bedingung, welche wohl nur durch die von mir entdeckten Schwankungen des Retinastromes als erfüllt betrachtet werden konnte. Nach aller Erfahrung, welche *du Bois-Reymond's* glänzende Leistungen an die Hand gegeben, wird ein jeder Reizungsvorgang in den zum Nervensysteme gehörigen und damit im Zusammenhange stehenden Geweben, welche in dieser Beziehung bis jetzt untersucht worden, von einer Stromesschwankung begleitet, welche in der Weise constant und charakteristisch auftritt, dass ihr Vorhandensein umgekehrt als zuverlässiges Zeichen für einen innerhalb des Organes stattfindenden Reizungsvorgang aufgefasst werden kann. Durch den

Nachweis der Retinastromesschwankung wurde demnach eine bis dahin vorhandene Lücke ausgefüllt und das fehlende Zwischenglied gefunden, welches in der Reihe der Vorgänge das objective Licht auf der Retina oder die Aetherschwingungen als hervorrufende Ursache einerseits mit dem subjectiven Lichte oder der Empfindung im Gehirne als die schliessliche Wirkung andrerseits in Verbindung setzt.

Wenn man es also für berechtigt erachten darf, in den Retinaströmen eine mit den zum Sehen gehörigen materiellen Vorgängen im Auge wesentlich zusammenhängende Erscheinung anzunehmen, so dürfte man auch mit Hilfe derselben die Beziehung des Sehpurpurs zu denselben Vorgängen prüfen können. Sollte der Sehpurpur von wesentlicher Bedeutung für das Sehen sein, so dürften dessen Bleichung und Regeneration mit den Schwankungen des Retinastromes parallel gehen, oder aber wenigstens die An- oder Abwesenheit des letzteren mit den ersteren zeitlich zusammenfallen. Könnte dagegen gezeigt werden, dass die Schwankungen des Retinastromes in einem Auge vorkommen, in welchem der Sehpurpur vollständig fehlt oder umgekehrt in einem Auge vermisst werden, welches normalen Sehpurpur besitzt, so dürfte man daraus schliessen können, dass dieser mit jenem und folglich auch mit dem Sehen in keinem wesentlichen Zusammenhange stehe. Auf dieser Ueberlegung fusste mein Versuchsplan.

I. Vom Retinastrome im purpurlosen Auge.

Schon in meinem ersten Aufsatze (1865) über den Retinastrom habe ich hervorgehoben, wie man denselben und seine Schwankungen im Froschauge ziemlich lange beobachten kann, nachdem dasselbe aus dem Kopfe herauspräparirt und aus jeder Verbindung mit dem übrigen Körper gelöst worden ist und ebenso, nachdem es ziemlich lange dem Lichte ausgesetzt worden. Der Sehpurpur verschwindet aber bekanntlich unter den letztgenannten Umständen ziemlich schnell, wenn es auch zugegeben

werden muss, dass er sich namentlich im Froschauge ziemlich lange erhält; im Kaninchenauge wenigstens wird er schneller gebleicht. Da im ausgeschnittenen Kaninchenauge indess auch der Retinastrom schnell schwindet, so musste an einem Auge beobachtet werden, welches noch mit dem lebenden Thiere in Verbindung blieb.

Meine Untersuchungen sind theils am Froschauge, theils am Kaninchenauge ausgeführt.

1. Froschauge. Ein Auge wird einem eben getödteten Frosche aus dem Kopfe genommen und der Bulbus wie gewöhnlich von allen anhängenden Muskelresten gesäubert. Das so hergerichtete Auge wird an einem sonnigen Orte mit der Pupille dem Lichte zugekehrt und um den Sehpurpur zu bleichen, in der Weise $^1/_2$ — 1 Stunde liegen gelassen. Wenn es nach Verlauf dieser Zeit auf die *du Bois*'schen zur *Wiedemann*'schen Bussole leitenden Thonelectroden in gewöhnlicher Weise aufgelegt wird, so lassen sich, man mag mit oder ohne Compensation arbeiten, die Schwankungen des Retinastromes beim Einfallen oder Abhalten des Lichtes deutlich beobachten. Die Erscheinungen treten in gewöhnlicher Weise auf, gleichviel ob man das ganze Auge dazu benützt unter Anlegen der einen Electrode auf die Hornhaut, der andern auf den hinteren Bulbusabschnitt, oder ob man von dem im Aequator gespaltenen Auge nur die hintere Hälfte verwendet und die eine Electrode auf die äussere, die andere auf die innere Seite derselben bringt. Hat man sich von der Gegenwart der Stromesschwankung überzeugt, so wird das Präparat zur Zeit, wo dieselben noch mit voller Deutlichkeit auftreten, schnell in 4procentige Alaunlösung geworfen und darin $2^1/_2$ Stunden im Dunkeln aufbewahrt. Wird die Netzhaut nach Verlauf dieser Zeit bei Natronbeleuchtung herauspräparirt, so zeigt sie regelmässig keine Spur von Purpurfarbe. Ich schliesse daher, dass die Stromesschwankung auch im purpurlosen Auge stattfindet.

2. Kaninchenauge. Ein Kaninchen wird mit dem Rücken

nach aufwärts gekehrt aufgebunden und der Kopf mittelst eines von mir modificirten *Czermak*'schen Halters, welcher das Operationsfeld in der Umgebung des Auges freilässt, befestigt. Der Versuch wird nach Curarevergiftung unter anhaltender künstlicher Athmung in folgender Weise ausgeführt. Zuerst wird die Lidspalte des einen Auges zugenäht, das Ohr darüber geschlagen und ebenfalls festgenäht. Dieses Auge ist also während des Versuches vor der Einwirkung des Lichtes hinreichend geschützt. Das andere Auge wird in der von mir gewöhnlich befolgten Weise hergerichtet, indem das obere Lid mit der Scheere und ein Theil des oberen Orbitalrandes mit der Knochenzange weggeschnitten werden. Dann wird die nach oben gekehrte Oberfläche des Bulbus von Muskeln und andern Geweben rein präparirt und an dieselbe so weit wie möglich nach hinten, gegen die Eintrittsstelle des N. opticus hin die eine Electrode angelegt, deren Thonspitze bis auf den kleinen sich anschmiegenden Theil mit einer isolirenden Hülle von Kautschuk überzogen ist. Es wird also in derselben Weise, welche ursprünglich von mir angegeben und seither immer von mir befolgt worden, verfahren, um den Retinastrom und dessen Schwankungen am Kaninchen zu demonstriren, und es zeigen sich dabei die gewöhnlichen und normalen Erscheinungen. Der Kopf wird nun schnell abgeschnitten und sofort in ein dunkles Zimmer gebracht, wo die beiden Augen vor dem Lichte einer Natronflamme herausgenommen, im Aequator halbirt und vom Glaskörper möglichst befreit, jedes für sich in 4procentige Alaunlösung gelegt werden. Nach 24stündigem Aufenthalte darin im Dunkeln, werden die Retinae bei Natronlicht herausgegenommen, darauf im Tageslichte untersucht. Jetzt zeigt sich, dass die Netzhaut des während des Versuches verdeckt gebliebenen Auges normal purpurhaltig, die des andern dagegen, auf welchem die Stromesschwankungen beobachtet worden, auf der Aussenseite ganz purpurlos, also gebleicht ist. Dieses Verhalten

zeigt, dass die Schwankungen des Retinastromes am purpurlosen Kaninchenauge beobachtet werden können. Da die ganze Versuchsanordnung dieselbe geblieben, wie die, deren ich mich von jeher bediente, seit ich überhaupt die genannten Erscheinungen im Kaninchenauge nachgewiesen habe, so muss es ausserdem für wahrscheinlich gehalten werden, dass alle meine früheren Befunde sich auf purpurlose Augen bezogen.

II. Vom Sehpurpur im stromlosen Auge.

Um seine Optogramme zu erkennen und aufzuheben, hat *Kühne* die Retina in situ in dem halbirten und vom Glaskörper entleerten Auge in Alaunlösung von 4 p. Ct. gehärtet. In dieser Flüssigkeit hält sich der beim Einlegen noch nicht gebleichte Purpur im Dunkeln und wird dann erst in gewöhnlicher Weise, grade so, wie in dem lebenden, soeben herausgenommenen Auge durch die Einwirkung des Lichtes gebleicht.

Wenn man ein in der genannten Weise bei Natronlicht im sonst verdunkelten Zimmer eben herauspräparirtes Auge vom Frosche oder Kaninchen 24 Stunden in der Alaunlösung vor dem Lichte geschützt aufbewahrt und dasselbe darauf zum Stromversuche verwendet, so findet man, wie zu erwarten, daran keine Spur von Stromesschwankung auf Lichtwirkung. Der Sehpurpur ist zwar nach beendetem Versuche verschwunden und die Netzhaut vollkommen gebleicht; dass aber der Purpur zu Anfange des Versuches vorhanden war, kann in verschiedener Weise gezeigt werden. Ich habe mich in den einzelnen Fällen in folgender Weise davon überzeugt.

1. Man präparirt und behandelt gleichzeitig und in derselben Weise die beiden Augen desselben Thieres; zum Stromversuche wendet man nur das eine an und überzeugt sich nachher, dass das andere seinen normalen Purpurgehalt besitzt.

2. Von demselben Auge, das zum Stromversuche dient, löst man vorher in der dunklen Kammer bei Natronlicht ein Stück-

chen der Netzhaut ab und überzeugt sich nach dem Versuche, dass dasselbe purpurn ist.

3. Nach dem Versuche und nachdem man die Stromlosigkeit des Präparats constatirt hat, untersucht man die Stelle der Netzhaut, welche von der einen Electrode bedeckt, also vor dem Lichte geschützt war. Dieselbe zeigt dann auf ihrer Aussenseite normale Purpurfarbe.

Fasst man das Hauptergebniss des jetzt Angeführten zusammen, so findet man, dass die Schwankungen des Retinastromes in keiner wesentlichen Beziehung stehen zu den Bleichungs- und Regenerationserscheinungen des Sehpurpurs.

Wir ziehen daraus den Schluss, dass der Sehpurpur eine wesentliche Bedeutung für das Sehen hat.

Die vorerwähnten Versuche waren schon ausgeführt und der Schluss daraus gezogen, ehe es mir durch *Kühne*'s Schriften bekannt geworden, dass der Sehpurpur gewissen Thieren fehlt, welchen man das Sehvermögen nicht absprechen kann, und dass derselbe auch im gelben Flecke des Menschen vermisst wird, also auf der Stelle der Netzhaut, welche sich vor allen anderen als die wichtigste und am meisten zum Sehen verwendete auszeichnet. Diese Erfahrungen verleihen nun unserem Satze eine Stütze, welche die Wahrheit desselben unzweifelhaft macht.

Damit könnte meine gegenwärtige Aufgabe für zur Genüge gelöst erachtet werden. Wenn ich dessen ungeachtet noch etwas hinzufüge, so geschieht es, weil es sich um Versuche handelt, die mit dem Gegenstande eng verknüpft und an sich von hinreichendem Interesse sind, um besonders erwähnt zu werden.

III. Vom Sehpurpur und dem Retinastrome bei durchschnittenem Sehnerven.

Im Zusammenhange mit älteren Untersuchungen über den Bewegungsmechanismus der Iris im herausgenommenen Froschauge, welche später von *Edgren* fortgesetzt worden, durchschnitt

ich bei einigen Kaninchen den Sehnerven innerhalb der Schädelhöhle nach einer von mir erfundenen und beschriebenen Methode. Das Resultat fiel damals insofern negativ aus, als die Pupille nach dem Schnitte dauernd erweitert und unveränderlich blieb. Ich liess die Thiere um so lieber am Leben, als sie sich nach der Operation gesund und munter zeigten und sich den Functionen der Ernährung und Fortpflanzung normal hingaben; ich bewahrte sie auf, um die Folgen des Schnittes nach längerer Zeit zu beobachten. Unter Anderem wollte ich auch wissen, wie es sich mit dem Sehpurpur und mit der Schwankung des Retinastromes in einem solchen Auge verhalte.

Ich hatte mir vorgestellt, dass dasselbe ein besonders geeignetes Präparat zur Entscheidung der Beziehungen des Retinastromes zum Sehpurpur liefern werde. Diese Voraussetzung hat sich als fehlerhaft erwiesen, denn ein solches Auge giebt über jene Frage gar keinen Aufschluss: es verhält sich, insoweit dies meine Untersuchungsmethoden zu ermitteln gestatten, ganz wie ein normales, der Sehpurpur und der Retinastrom verhalten sich nach Trennung des Sehnerven ganz, wie vorher.

Diese Erfahrung, welche ich habe mittheilen wollen, stützt sich auf Versuche an blinden Kaninchen, welche die Opticusdurchschneidung länger als 2 Jahre überlebt hatten. Solche Thiere sind an ihrer, wie schon erwähnt, unbeweglichen und erweiterten Pupille und bei näherer Betrachtung an einer Unebenheit des Schädels am Orte, wo die später ausgefüllte Oeffnung im Knochen gemacht war, am besten wieder zu erkennen. Dieselben bieten übrigens ein vollkommen normales, namentlich am Auge sonst nicht abweichendes Aussehen dar. Bei einigem Nachdenken ist dies auch nicht besonders erstaunlich, denn das Auge dürfte wohl im Wesentlichen im Besitze seiner gewöhnlichen Ernährung bleiben, da die kleinen bei der Operation verletzten Gefässe aller Wahrscheinlichkeit nach einen höchst geringen

Einfluss auf die Ernährung der Kaninchennetzhaut ausüben werden. Die Opticusfasern hinter dem Schnitte nach dem Gehirne zu fand ich degenerirt; wie es sich mit den vor dem Schnitte nach dem Auge hin gelegenen verhalte, habe ich noch nicht untersucht; dieselben dürften im normalen Zustande erhalten bleiben, ebenso die Retina selbst, weil dieses Organ ja weder seiner normalen Ernährung noch seinem gewöhnlichen Reize entzogen worden. Wie weit der Reizungsvorgang in centraler Richtung fortgeleitet wird, dürfte für das Wohlbefinden des Organs gleichgültig sein.

Meine Versuche am operirten Auge sind bezüglich des Retinastromes von besonderem Interesse. Man hat hier nämlich ein Präparat zur Verfügung mit einer Iris, welche gegen Licht vollständig und sicher in Ruhe bleibt. Der störende Einfluss, welchen die Muskeln dieses Organs auf die Schwankungen des Retinastromes ausüben, ist somit beseitigt. Dessen ungeachtet zeigten sich auch jetzt und zwar regelmässig jene auf die ersten kurzen, in negativer Richtung gehenden Ausschläge zunächst langsamer folgenden positiven oder negativen Ausschläge, welche ich früher als hauptsächlich von den Irismuskeln herrührend angegeben habe. Diese nachfolgenden langsamen Bewegungen des Bussolenmagneten müssen also in Bezug auf ihre Ursache weiter studirt werden. Zu derartigen Untersuchungen haben wir hier jedenfalls ein passendes Präparat gefunden.

Ich erinnere noch an die Aehnlichkeit, welche die Wirkung des Lichtes auf eine Retinastelle hat, mit der Einwirkung des constanten Stromes auf eine Strecke eines gewöhnlichen Nerven: im ersten Augenblicke nach Schluss oder Oeffnung des Stromes constant eine kurze Schwankung des Nervenstromes in negativer Richtung und nachher eine weitere, langsamer auftretende Aenderung des Stromes.

Christineburg in Schweden, den 1. August 1878.

Fortgesetzte Untersuchungen über die Retina und die Pigmente des Auges.

Von **W. Kühne.**

(Hierzu Tafel VII. u. VIII.)

I. Zum Verhalten der Netzhaut des Menschen.

Die Augen eines 41jährigen Phthisikers boten mir Gelegenheit zu einer Beobachtung über anscheinend geringe Lichtempfindlichkeit des menschlichen Sehpurpurs intra vitam. Der Patient war am 1. Juli Morgens 10 Uhr ziemlich plötzlich an acutem Lungenödem gestorben, nachdem er die Zeit der etwa 2stündigen Agonie in einem grossen Schlafsaale, der durch 2 Fenster Licht empfing, meist mit offenen Augen zugebracht hatte. Der im Allgemeinen etwas düstere Raum war an dem genannten Tage wegen des sehr klaren Wetters freundlicher, als gewöhnlich; doch war das Licht nur von der Seite zu dem Sterbenden gedrungen. Die Augen waren in derselben Beleuchtung ohne besondere Vorsicht herausgenommen, dann aber sofort in einem dunklen Eiskasten verpackt und versendet; ich untersuchte sie Abends 6 Uhr.

Zum ersten Male sah ich hier nach Eröffnung im Aequator den Glaskörper vollständig ausschlüpfen und den Augengrund fast trocken, mit wenig spiegelnder Oberfläche zurückbleiben. Nach dem Ausbohren der Papille löste sich die Netzhaut mit grösster Leichtigkeit, ohne einzureissen, vom Epithel ab, so dass ich sie in dünner Salzlösung mit einer Porzellanplatte auffangen

und kaum gefaltet darüber ausbreiten konnte. An's Tageslicht gebracht, sah sie hellrosenroth aus, wie immer weniger gefärbt im Umkreise der Macula, deutlicher gegen den Aequator hin, wo die Farbe auch in Folge einigen Epithelpigments, das an mikroskopisch besehenen Stückchen innerhalb der Stäbchen-Zapfenschicht zu erkennen war, etwas in's Braune ging; Epithelzellen waren dort nicht zu sehen. Die Macula war durch intensiv citrongelbe Färbung ausgezeichnet, die Fovea als kleine farblose Delle sehr deutlich zu erkennen, wie sie es heute in dem angetrockneten Präparate noch ist, wo man auch an dem wachsartigen Aussehen der Stelle und bei mikroskopischer Betrachtung in auffallendem Lichte die Ueberzeugung gewinnt, dass daselbst kein Substanzverlust stattgefunden hat. Ich habe mich ausserdem durch Abschaben des der Macula entsprechenden Ortes am Augengrunde, gleich nach dem Abziehen der Netzhaut vergewissert, dass an demselben keine Zapfen und Stäbchen hängen geblieben waren. Der Purpur des Präparates blich alsbald am Lichte aus, doch dauerte die Zerstörung des Sehgelb ziemlich lange.

Hätte man mir diese Retina mit der Frage vorgelegt, ob sie vor dem Tode belichtet worden, so hätte ich nach meinen bisherigen Erfahrungen über das menschliche Auge, noch mehr nach Dem, was mir aus Versuchen am Kaninchenauge geläufig geworden, gesagt, sehr schwache Belichtung scheine das Auge getroffen zu haben, aber ich wäre nicht darauf gekommen, den nach der erhaltenen Beschreibung wirklich stattgefundenen Grad der Beleuchtung zu errathen, denn die Stäbchenfarbe war kaum blasser, als die einer Dunkelretina vom Menschen: sie war nur mehr rosa und weniger violet, als jene.

Es liegt an der beschwerlichen Zugänglichkeit des Materials, dass wir bis heute so geringe Kenntniss von der Intensität und Dauer des Lichtes haben, deren das menschliche Auge bis zum Schwinden des Purpurs bedarf. Soweit die ophthalmologische

Literatur darüber Aufschluss gibt, scheint es, dass uns in dieser Hinsicht noch starke Ueberraschungen bevorstehen, denn ich finde, um nur die Extreme zu nennen, einerseits die bekannte Angabe von *Michel*, nach welcher der Sehpurpur einem Dunkelauge gänzlich fehlte, andrerseits die noch weniger zu reimende Beobachtung von *H. Adler* (Centralbl. f. d. Med. W. 1877, S. 244) über eine aus einer Wunde im Auge vorgefallene Netzhaut, deren Purpur durch intensivstes Licht nur sehr langsam, ja nach $^3/_4$stündiger Besonnung nicht einmal vollständig gebleicht worden. Da die Kaninchennetzhaut sich von der menschlichen durch den Mangel an Gefässen unterscheidet, insofern sie solche nur in der Gegend der markhaltigen Opticusfasern besitzt, habe ich es nicht unterlassen einige optographische Versuche am lebenden Hunde vorzunehmen, dessen Netzhaut hinsichtlich der Blutversorgung der menschlichen ähnlicher ist. Dieselben haben mich indess überzeugt, dass der Purpur dem des Kaninchens an Lichtempfindlichkeit intra vitam nicht nachstehe, da die Zeit von 3 Minuten am atropinisirten Hundeauge genügte, um das Optogramm durch Ueberexposition noch gründlicher zu verwischen, als es beim Kaninchen unter demselben ziemlich intensiven Lichte geschehen war. Im Falle der Retinapurpur des Menschen sich wirklich lichtbeständiger erwiese, müssten wir unsere Regeneration der dem Auge der Thiere zukommenden für überlegen halten, denn die isolirte menschliche Netzhaut kann nach keiner zuverlässigen Beobachtung für minder lichtempfindlich, als die der Säuger gelten.

Nachdem ich an der hier beschriebenen Netzhaut wiederum die bisher ohne Ausnahme beim Menschen bemerkte Vertheilung der Purpurfärbung gesehen, welche in einer allmählichen Zunahme der Intensität von der Fovea nach dem Aequator besteht, kann ich nicht umhin, meine anfängliche Vermuthung, dass dies von irgend welchen örtlich verschieden verlaufenden Störungen

der Regeneration während der Agone herrühre, aufzugeben, um dafür die viel einfachere und einleuchtendere Erklärung zu geben, welche aus der bekannten Vertheilung der Stäbchen und Zapfen unmittelbar hervorgeht. Je ärmer an Stäbchen und je reicher an Zapfen eine Netzhautstelle ist, desto weniger purpurfarben wird sie, weil nur die ersteren Sehpurpur enthalten, sein, und da die Zahl der purpurlosen Zapfen von der Fovea nach dem Aequator beim Menschen continuirlich abnimmt, während dafür Stäbchen auftreten, muss die Netzhaut offenbar vom Aequator nach rückwärts alle Uebergänge von der intensivsten Farbe bis zur Farblosigkeit der gänzlich stäbchenfreien, nur Zapfen führenden Fovea darbieten.

Wie schon erwähnt, entschlüpfte der Glaskörper der hinteren Augenhälfte sehr vollkommen. Dasselbe ereignete sich bei dem zweiten Auge, so dass die Netzhaut auch hier schon am Natronlichte ungewöhnlich gut in situ zu betrachten war. Ich opferte daher einige weitere auf den Purpur bezügliche Beobachtungen und brachte den entleerten Augengrund an's Tageslicht. Hier wurde mir die Freude, *Horner's* Mittheilungen (vergl. ds. Hft. S. 75) über die Erkennbarkeit der Fovea centralis an ihrem natürlichen Orte sogleich zu bestätigen. Das Grübchen war mit ausserordentlicher Deutlichkeit als sehr kleines dunkelbraunes Pünktchen von etwa 0,2 mm. Durchmesser zu erkennen, und dass dieses nur die Fovea sein konnte, war, abgesehen von der Lage zur Papille in der von den Netzhautgefässen gelassenen Lücke, mit der Lupe schon innerhalb der Salzlösung, noch besser nach dem Ausgiessen der letzteren festzustellen, indem man die Vertiefung mit wallartiger Umgebung zweifellos erkannte. Der ganze übrige Grund des recht blonden, mit graugrüner fleckiger Iris versehenen Auges erschien chamoisbraun mit bemerkbarer Beimischung von Violet. An das Licht der Abendsonne in's

Freie gebracht, ging die Farbe in reineres dem Zimmt ähnliches Braun über, wie ich denke, weil der Sehpurpur über dem mehr gelbbraunen Grunde ausblich. Dabei erfuhr das Aussehen der Fovea so wenig eine Veränderung, wie später durch gründliches Belichten mit einer Magnesiumflamme; als ich aber die Netzhaut des in's Salzwasser zurückgebrachten Auges abhob, verschwand das dunkle Pünktchen in dem Augenblicke, da sich die Gegend der Macula vom Epithel trennte und es trat an seiner Stelle die kleine farblose Delle in der jetzt erst zum Vorschein kommenden intensiv gelben Umgebung auf. Es gelang mir dieses Präparat ebenfalls ohne Schädigung der Fovea auf Porzellan anzutrocknen.

Ob meine Beobachtung *Horner*'s Angaben ganz entspricht, ist gegenwärtig nicht zu entscheiden: ich kann zunächst die Farbe der Fovea in situ nicht „kirschroth" nennen, würde aber begreifen, wenn Jemand für das von mir gesehene Object den Ausdruck wählte, obschon ich glaube, dass ein Zeuge (dessen ich leider entbehrte), wenn er denselben gebraucht, ihn gegen Zweifel nicht aufrecht erhalten hätte. Die ganze Erscheinung stimmte durchaus mit den Abbildungen, welche mehrere Ophthalmologen von dem zuweilen am Orte der Fovea mit dem Augenspiegel gesehenen dunklen Fleckchen des Augenhintergrundes geben; da dieselben an einem erst 8 Stunden in Eis conservirten, dann etwa eine Stunde bei hoher Sommertemperatur untersuchten Auge bemerkbar geblieben und das Licht keinen Einfluss darauf hatte, so kann ich der Fovea keinen im Absterben oder durch Licht vergänglichen eigenen Farbstoff, den *Horner*'s Mittheilungen vermuthen liessen, zuschreiben, sondern muss, weil das Grübchen nur im Augenblicke des Abhebens von der braunen Unterlage farblos wurde, die Annahme machen, dass die Fovea nur in Folge ihres Baues gegen das Epithel und die Chorioïdea gesehen dunkel erscheint. Dass sie so nicht immer gesehen und von mir, trotz

der Bekanntschaft mit *Horner*'s Angaben, jetzt zum ersten Male so gesehen worden, erklärt sich, denn die Erscheinung ist vermuthlich nur an Augen zu bemerken, deren Netzhaut faltenlos am Epithel liegt und an der Fovea nicht abgehoben ist, wie es in der Leiche ohne unser Zuthun meist geschieht, und vielleicht nur an solchen Augen auffällig, deren Glaskörper vollkommen abschlüpft. Das Letztere begegnete mir, wie erwähnt, jetzt am menschlichen Auge zum ersten Male; ausserdem habe ich seit den Veröffentlichungen *Horner*'s nur das in der Mittheilung S. 69 dieser Untersuchungen erwähnte, von Lebenden enucleïrte Auge auf die Sichtbarkeit der Fovea in situ geprüft, das wegen der weiteren damit in Aussicht genommenen Versuche nur sehr kurz betrachtet werden durfte. Jetzt, da ich die von *Horner* angeführte Erscheinung aus eigener Erfahrung einmal gesehen zu haben und zu kennen glaube, meine ich, dass sie mir auch früher nicht entgangen wäre, wenn der Glaskörper nicht das Hinderniss für die Betrachtung gebildet hätte. Eine gelegentliche Mittheilung Herrn *Horner's*, wie die von ihm untersuchten Augen sich in letzterer Beziehung verhielten, würde mit Dank aufgenommen.

Wenn die Fovea centralis eine selbstständige Eigenfarbe, wie wir nun wissen, nicht besitzt, vielmehr in den natürlichen Verhältnissen farblos durchsichtig ist und dennoch dunkler gesehen wird, als ihre Umgebung, so liegt anscheinend nichts näher, als die sehr einfache Annahme, dass man durch ihre Zapfen hindurch nur den pigmentirten Hintergrund sehe und diesen dort besonders deutlich und am tiefsten gefärbt, weil die Retina davor am dünnsten und durchsichtigsten ist. Unter gewissen Umständen mag die Erscheinung wirklich so zu Stande kommen, ich meine aber davor warnen zu sollen, es für alle Fälle vorauszusetzen, weil es dann unbegreiflich würde, weshalb die geübtesten Beobachter mit dem Augenspiegel unter Verhältnissen, wo keins

der Hindernisse, das im geöffneten Auge den Anblick erschweren kann, vorhanden ist, die Fovea so oft nicht zu erkennen vermögen, oder sie wenigstens nicht als dunkles Pünktchen, sondern höchstens an den bekannten Randreflexen bemerken.

Es ist mir aufgefallen, dass die Fovea im eröffneten Auge viel dunkler aussah, als der von der Netzhaut entblösste Epithel-Chorioïdalgrund, der nur helle Zimmtfarbe besass. Da ich der betreffenden Retinastücke noch für andere bald zu erwähnende Beobachtungen bedurfte, habe ich den nahe liegenden Versuch, das Gelb der Macula durch Zurücklegen der Netzhaut gegen das dunkle Epithel verschwinden zu lassen, was vermuthlich gelingen dürfte, und die Färbung der Fovea wiederkehren zu sehen, nicht angestellt, aber ich habe mich überzeugt, dass der Augengrund unter der Fovea in diesem Falle sicher keinen stärker pigmentirten Fleck hatte. Wie durchsichtig die Retina im Leben und an frischen Augen sein mag, so stellt sie doch einen nicht völlig glasartigen Ueberzug, immer einen dünnen, weisslichen oder weisspurpurnen Schleier des Augengrundes vor, worin die Fovea mit ihren ausschliesslich in Betracht kommenden Zapfen, bei dem fast vollkommenen Mangel aller vorderen Schichten die durchsichtigste Stelle ist. Es handelt sich bei ihrer Sichtbarkeit in situ auch augenscheinlich nur um den eigentlichen Grund der Grube, denn das dunkle Pünktchen ist erheblich kleiner, als die nicht gelbe Stelle, welche man nach dem Abheben und auf weisser Unterlage für die Fovea nimmt. Da die wallartig erhabene Umgebung der Macula lutea ferner (wie schon *Nobili* wusste) der dickste Theil der Netzhaut ist, was man an aufgetrockneten Präparaten sogar noch deutlich erkennt, so kann der dunkle Grund hinter der Fovea nicht nur auf grossem helleren Felde, sondern auch im Mittelpunkte einer besonders opaken d. h. weisslicheren Stelle durchscheinen: er könnte also durch Contrast unvergleichlich dunkler gesehen werden, als die ganze Fläche im entblössten

Zustande nach dem Abziehen der Retina aussieht. Es sind hier indess noch manche Umstände zu beachten, welche der fraglichen, in jeder Beziehung wichtigen Netzhautstelle das besondere Aussehen ertheilen können, so viele, dass man sich nicht wundern dürfte, wenn man dieselbe gelegentlich statt braun, roth und selbst in einem albinotischen Auge sichtbar fände.

Es sei mir gestattet auf einige hierher gehörige Erfahrungen über den Durchgang des Lichtes durch Stäbchen und Zapfen, welche ich früher nur kurz und bei Erörterung anderer Fragen berührte, zurückzukommen. Taf. 7 und 8 sollen Das, was Bd. I, S. 235 darüber bereits angedeutet worden, bildlich belegen. Fig. 1 und 2, Taf. 7 zeigen vollkommen glatt gegen hohl liegende Deckgläser geklebte frische Netzhäute vom Frosch und vom Salamander, in *A* von hinten, in *B* von vorn gesehen. (Einige hier zu übergehende, in anderer Hinsicht Interesse bietende Einzelheiten der Abbildungen sind in der Erklärung der Tafel am Schlusse der Abhandlung nachzusehen.) In den Ansichten (*A A*) von vorn bemerkt man die aus den optischen Querschnitten der Innenglieder von Stäbchen und Zapfen gebildete Mosaïk, worin die letzteren tief grau, lichtlos erscheinen. Dass diese Stücke, abgesehen von zufällig schief liegenden Stäbchen, die auch grau aussehen, den Zapfen angehören, erhellt aus ihren, bei diesen Thieren im Vergleiche zu den Stäbchen bekanntlich kleineren Querschnitten der Innenglieder und aus den besonders beim Salamander häufigen und auffälligeren Doppelzapfen, die man in Fig. 2, *B* an mehreren Stellen deutlich herauserkennt. Es wird ausserdem belegt durch das oft zu findende Bild der gleichen Mosaïk, welche beim Anblicke von hinten an solchen Froschnetzhäuten zum Vorschein kommt, die Pseudooptogramme besitzen, d. h. Stellen, an welchen die farbigen Stäbchenaussenglieder mit dem Epithel abgerissen und nur die Zapfen stehen geblieben sind. Da hindert nichts die Mosaïk der

Stäbcheninnenglieder von rückwärts und die dazwischen befindlichen kleineren Setzstücke als die etwas tiefer gelegenen Innenglieder der noch vorhandenen Zapfenaussenglieder zu erkennen; doch sind in dieser Mosaïk alle Stücke hell. In welcher Weise das Licht von unten auf ein solches Präparat nach dem Umdrehen desselben durch den Tisch des Mikroskops fallen möge, so sieht man von oben alle Zapfen dunkel und es ist nur ein äusserst kleines helleres, übrigens immer noch sehr lichtschwaches Pünktchen (auf das die Zeichnung verzichten musste) etwa im Centrum eines solchen Zapfenfeldes zu bemerken, das dem Lichte entspricht, welches gerade durch die Spitze des Zapfenaussengliedes nach vorn gelangt. Braunes Epithelpigment ist an dem Bilde, das von gänzlich pigmentfreien Netzhäuten jeder Zeit sicher zu erhalten ist, vollkommen unbetheiligt. Da man die abwechselnd hellen und dunklen Felder hier auch in Abwesenheit der Stäbchenaussenglieder erblickt, während davon trotz vollkommener Erhaltung der eckigen Figuren nichts mehr zu sehen ist, wo man die Aussenglieder der Zapfen sammt denen der Stäbchen abgepinselt hat, so können die dunklen Felder nur auf dem optischen Verhalten der ersteren beruhen. Bekanntlich sind diese zwar nicht so stark lichtbrechend, wie die entsprechenden Theile der Stäbchen, aber von conischer Gestalt und hinreichend stärker lichtbrechend, als die sie in dem Präparate umgebende Flüssigkeit, um das Licht, das von rückwärts auf die Kegelflächen fällt, zu reflectiren und demselben den Durchgang zu wehren.

Wie mir scheint verdient dieses Verhalten in den Erörterungen über das Aussehen der Retina in situ, sei es am eröffneten Auge oder im Leben bei Betrachtung mit dem Augenspiegel, Beachtung. Wir können nicht zweifeln, dass man von vorn durch die Stäbchen hindurchblicken oder Licht wahrnehmen kann, das hinter ihnen reflectirt worden, am Epithel,

an der Chorioïdea und deren Gefässen, endlich an der Sklera. Stark pigmentirte Augen, wie die des Frosches, zeigen darum ophthalmoskopisch keine rothe Leuchtfarbe, sondern erscheinen schiefergrau, wie es von ungewöhnlich pigmentreichen aber normalen menschlichen Augen auch beschrieben wird. Ob das Gleiche für die Zapfen gilt, ist dagegen sehr fraglich und bedarf eingehender Untersuchungen mit besonderer Berücksichtigung des Verhaltens der menschlichen Zapfen zum Lichte, überdies unter Beachtung der grossen Unterschiede, welche die Zapfen der Fovea darbieten. Es wird zunächst zu untersuchen sein, welche Differenzen der Lichtbrechung zwischen der Substanz der Zapfenaussenglieder und dem Protoplasma der Epithelzellen herrschen, um zu erfahren, ob jene Kegel in der Weise als Lichtfänger aufzufassen seien, dass sie das einmal von vorn eingetretene Licht nicht wieder zurückkehren lassen, wie es an isolirten Froschnetzhäuten nicht zu bezweifeln ist. Trifft dies für die Netzhaut des Menschen im Leben zu, so müssen die Zapfen und zapfenreiche Netzhautstellen dunkel und die letzteren dunkler aussehen, als zapfenarme, gleichviel ob Pigment dahinter liegt oder nicht. In den vortrefflichen Abbildungen des ophthalmoskopischen Handatlas von *E. v. Jæger* finde ich auf Taf. IV., Fig. 28 in der That die Gegend der Macula eines albinotischen Auges durch einen dunkleren Schatten bezeichnet. *v. Jæger* bezieht denselben zwar auf Spuren von Pigment, aber ich finde in dem erläuternden Texte (l. c. S. 37), wo es heisst: „an dieser Stelle treten die einzelnen Pigmentpunkte deutlicher hervor, sind im Umkreise der Macula lutea weit von einander, im Bereiche des gelben Fleckens selbst aber dichter gestellt, und ertheilen hierdurch diesen Stellen eine schwach-gelbröthliche Färbung", eine Beschreibung, welche der Vertheilung der Zapfen so genau entspricht, wie man es nur wünschen kann und keine weiteren Angaben, welche dem untersuchten Auge Pigment zuzuschreiben nöthigten.

Es braucht kaum gesagt zu werden, dass die Coni unter allen Umständen vorzüglich geeignet sind, das auffallende Licht nach hinten zu lenken, denn was an der Innenfläche des Kegelmantels reflectirt wird, muss im Sinne der von *Brücke* für die Stäbchen aufgestellten Lehre über den Gang solcher Strahlen, welche nicht parallel zur Axe einfallen, hier durch die Spitze des Kegels zum Epithel gelangen. Schreiben wir dagegen den Zapfenaussengliedern gleiche Lichtbrechung mit dem Epithelprotoplasma oder mit anderen Substanzen, welche sie im Leben umgeben können, zu, so fällt ihre Bedeutung als Lichtfänger allerdings fort, aber es wird ihnen nichts gegeben, was den Uebergang des in sie gelangten Lichtes zum Epithel erschwerte und nichts geändert bezüglich ihres Aussehens, das neben den Stäbchen, wenigstens in pigmentirten Augen, immer noch dunkel sein müsste, da ihre Enden stets gegen Pigment gerichtet oder davon bedeckt sind, und niemals nach Art der längeren Stäbchen bis in den pigmentfreien Hut der Epithelzellen hinaufragen. Für die Zapfen des Menschen käme hier möglicher Weise noch der von *M. Schultze* entdeckte Faserkorb an der Kuppel des Innengliedes in Betracht, den ich an frischen Präparaten immer schon kenntlich fand; derselbe macht indess nicht den Eindruck eines die Rückkehr einfallenden Lichtes besonders fördernden Gebildes.

Wesentlich anders, als die Zapfen im Allgemeinen verhalten sich bekanntlich die der Fovea centralis: das längere schlanke Aussenglied erscheint nach den vorliegenden Beschreibungen, denen ich nach Beobachtungen frischer Objecte zustimme, zwar grösstentheils cylindrisch, am äusseren Ende jedoch eine Strecke weit deutlich verjüngt und schliesslich stumpf zugespitzt, also immerhin conisch. Leider ist über den Einsatz dieser Enden in die zugehörigen Pigmentzellen nichts bekannt und nur zu vermuthen, dass sie nach Art von Stäbchen in die Epithelzellen hinaufragen, weiter, als es die gewöhnlichen Zapfen vermögen, über

welchen die zwischengelagerten Stäbchen die Pigmentzelle ungefähr wie einen Baldachin tragen.

Erwägt man nun die Inconstanz der ophthalmoskopischen Sichtbarkeit der Fovea und, was ich für möglich halte, dass das *Horner*'sche Phänomen am eröffneten Bulbus vielleicht auch unter den vorerwähnten günstigsten Bedingungen nicht immer vorhanden ist, dass ferner noch ein die Farbe und die Vergänglichkeit des Pünktchens betreffender Widerspruch zwischen *Horner*'s und meinen Angaben besteht, so kann man kaum umhin wechselnde Zustände in der Retina im Allgemeinen und am Orte ihres centralen Grübchens anzunehmen. Es ist denkbar, dass *Horner* Blut der Chorioïdea durch die Grube schimmern sah, das sich verschob, als das kirschrothe Fleckchen schwand, und dass ich dieses nicht, aber Epithelpigment gesehen, welches sich nicht von der Stelle bewegte. Dass die Gestalt der hier in Frage kommenden Zapfen, die überdies so viel weniger ausgeprägt conisch ist, genüge, um die Stelle dunkler als die nächste mindestens ungemein zapfenreiche Umgebung hervortreten zu lassen, glaube ich deshalb nicht annehmen zu dürfen, weil die Erscheinung dann wenigstens im Augenspiegelbilde constant sein müsste und weil ein so scharfer Beobachter, wie *v. Jæger* im albinotischen Auge nichts davon bemerkte.

Zum Verständnisse dieser, wie gewiss vieler anderer mit dem Augenspiegel zu beobachtenden Einzelheiten des Netzhautchagrins scheint mir vor Allem das Verhalten des Pigmentbreies in den Epithelzellen berücksichtigenswerth, dessen Bewegungen ausserordentlich verwickelt und zum Theil so beschaffen sind, dass die Reflexion des in's Auge gelangenden Lichtes in oder hinter der Retina wesentlich davon betroffen wird.

Einen ersten Einblick in dieses Gebiet gewährt die Untersuchung frischer vom Epithel bedeckter Netzhäute des Frosches, wie man dieselben nach Belichtung ohne Umstände, aus Dunkel-

augen mehr gelegentlich erhält. Die Präparate zeigen in der Regel einen nicht ganz central gelegenen, oft halbmondförmigen, dunkelgrauen Fleck, $^1/_3$—$^2/_3$ der hinteren Bulbushälfte einnehmend, der sich vorzüglich und besser zur mikroskopischen Betrachtung eignet, als die übrigen zu stark pigmentirten Antheile der Membran. Fig. 1, 1 *A*, 1 *B* stellen das Bild dreier Einstellungen einer belichteten und gebleichten, Fig. 2 einer roth belichteten, ungebleichten Netzhaut von der Epithelfläche betrachtet dar. An den beiden letzteren, der tiefsten Einstellung entprechenden Figuren sieht man zwar alle Stäbchen durchschimmern, in Fig. 2 selbst mit solcher Deutlichkeit, dass sich das Verhältniss der grünen zu den purpurnen nach Zahl und Lage genau bestimmen lässt, aber man bemerkt doch eine nicht unbeträchtliche Anzahl, deren Kuppen ganz oder theilweise vom schwarzen Pigmente bedeckt sind, sehr im Gegensatze zu dem Bilde, welches die Netzhäute von Dunkelfröschen darzubieten pflegen, wo die Kuppen fast sämmtlich pigmentfrei sind. Wird nun eine belichtete Retina mit der vorderen Fläche gegen das Deckglas gebracht, während das Licht von rückwärts durch das Epithel scheint, so erhält man das Bild von Fig. 3, nämlich die vorhin beschriebene Mosaïk der Innenglieder, worin die den Zapfen zukommenden kleineren Felder selbstverständlich ohne Ausnahme dunkel sind, aber ausserdem auch manche grössere den Stäbchen entsprechende Stücke tief schwarz, dunkelgrau oder hellgrau erscheinen, was nur aus der Umhüllung ihrer Kuppen mit Pigment erklärlich wird. Man braucht zur Gewinnung dieses Bildes und überhaupt zum Betrachten der Netzhaut von vorn sehr feine Deckgläser und Systeme mit weitem Focalabstande, da es sich darum handelt auf tief gelegene Theile der ziemlich dicken Membran einzustellen, eine Unbequemlichkeit, die sich noch vergrössert durch die Nöthigung ziemlich starker Vergrösserungen, welche die Feinheit der Mosaik erfordert. Ich habe

es darum sehr schwierig gefunden, das Bild mit dem Prisma treu zu copiren und mich mit der Fig. 3 begnügen müssen. Wer das Object selbst zur Hand nimmt, wird ausser diesem Muster noch zahlreichen anderen, häufig überraschend regelmässigen Anordnungen der schwarzen, grauen und hellen Felder begegnen. Obschon ich nicht zweifle, dass die Bedeckung der Stäbchenkuppen mit Pigment und das Wandern jener Körnchen in der entsprechenden Region des epithelialen Zellenleibes in derselben Weise regelmässig unter bestimmten Einflüssen vor sich gehen, wie dies von dem zwischen den Stäbchen auf- und absteigenden Pigmentnadeln nachgewiesen (vergl. Bd. I., S. 411—422) ist, so bin ich doch nicht in der Lage darüber weitere Angaben zu machen, als dass im Allgemeinen die Belichtung das Zudecken der Kuppen, Dunkelheit die Entblössung fördert. Im letzteren Falle scheint das die Stäbchenenden verlassende Pigment sich vorzugsweise an den Wänden des Hutes der Epithelzelzellen emporzuziehen. Da Belichtung besonders mit rothen Strahlen das Pigment in bedeutender Menge nach vorwärts zwischen die Stäbchen bis an die M. limitans ext. treibt, so dass der Zellenhut sich förmlich entleert, ist es nur um so auffälliger, dass ein Theil zur Bedeckung der Stäbchenenden dort zurückgehalten wird. Meine Versuche dem Studium dieser Vorgänge grössere Sicherheit durch die optographische Methode zu geben, sind bisher gescheitert, denn es ist mir weder beim Frosche noch bei dunkelhaarigen Kaninchen gelungen, Melanoptogramme, deren Herstellung ich gleichwohl für möglich halte, durch andauernde oder intensive Belichtung zu erzeugen.

Dass die eben genannten Vorgänge das Aussehen des Augengrundes beeinflussen, dürfte nicht bezweifelt werden und es ist daher zu erwarten, dass das Netzhautchagrin, soweit daran Stäbchen betheiligt sind, innerhalb der normalen Verhältnisse vielfachen Wandlungen unterliege. Für die Zapfen ist dagegen

nach den vorstehenden Erfahrungen eine grössere Constanz der Erscheinung wahrscheinlich, aber mit einer sehr wesentlichen die der Fovea betreffenden Einschränkung. Höchst wahrscheinlich sind die letzteren von wanderndem Pigmente umgeben, so dass die Grube das Licht bald absorbirt, bald zur Uvea und Sklera durchlässt: im ersteren Falle wird das von mir gesehene tief dunkelbraune Aussehen der Fovea constatirt werden, im anderen dort die hellere Blutfarbe zum Vorschein kommen, wenn die Pigmentirung der Uvea es zulässt.

Da die in sehr kurzer Zeit aufgetrockneten Netzhäute der beiden für so gut wie frisch zu haltenden Augen am Orte der Fovea augenscheinlich keine Defecte besassen, habe ich sie zur Vervollständigung der immer noch lückenhaften Beobachtungen über Fluorescenz der menschlichen Zapfen benutzt. Indem die Membranen die Rückseite nach oben wendeten, zeigten sie die Foveae umgekehrt, nach vorn hin eingesunken. So in möglichst gereinigtes Ueberviolet des Sonnenspectrums gehalten, erwiesen sich beide Netzhäute, wie es nach der stattgefundenen Belichtung zu erwarten war, stark grünlichweiss fluorescirend, am Rande beträchtlich intensiver, als in der Macula lutea und deren nächster Umgebung, in der Macula aber noch hinreichend intensiv, um die beinahe ganz dunkle Stelle im Centrum, nämlich die Fovea an dem Unvermögen zur Fluorescenz wahrnehmen zu können. Man fand diese daher im Ueberviolet ungefähr so gut auf, wie im gemeinen Lichte durch Beachtung der Delle. Vollkommen dunkel blieb die Stelle übrigens schon desshalb nicht, weil die aus glasirtem Porzellan bestehende Unterlage nicht ganz frei von Fluorescenz war. Es verdient auch Erwähnung, dass der dunkle Fleck um etwas grösser erschien, als der Grund der Grube und im Durchmesser ungefähr dem Kreise entsprach, welcher fast farblos gegen das umgebende Gelb der Macula hervortrat. Hier-

nach wird kaum mehr bezweifelt werden, dass die Zapfen der menschlichen Netzhaut der Fluorescenz entbehren, was ihrem Mangel an Sehpurpur und dem Ausbleiben der daraus durch Belichtung entstehenden, vorzugsweise kräftig fluorescirenden Stoffe (Sehweiss) zuzuschreiben sein dürfte.

Um das Material möglichst vollkommen auszunützen, habe ich den an diesen Netzhäuten besonders intensiv gefärbten gelben Fleck noch auf Lichtempfindlichkeit geprüft. Ich bedeckte das getrocknete Präparat locker mit einem grossen Deckglase und fixirte dieses mit zwei schmalen Banden schwarzen Papiers, indem ich die letzteren auf das Glas und die Porzellanplatte klebte. Eine der Banden beschattete dabei etwa die Hälfte der Macula lutea. Zum Zwecke längerer Belichtung wurde das Präparat in eine grosse niedere Porzellanschaale mit ebenem Boden gelegt, welche ich durch Einsetzen in ein Zinkgefäss mit fliessendem Wasser kühl zu halten suchte, und mit einem berandeten, wasserdicht übergreifenden, fortwährend von kaltem Wasser überrieselten Glasdeckel versah. Während des sehr schlechten Wetters vom 3. bis zum 8. Juli war an der Netzhaut kaum eine Veränderung zu bemerken, nachdem aber am letzteren Tage die Sonne ungewöhnlich günstig geschienen, fand ich nach dem Abheben des Deckglases und der Streifen nur die dunkel gehaltene Hälfte der Macula noch kenntlich und der Belichtungsgrenze entsprechend scharf abgeschnitten. Der gelbe Farbstoff der Macula ist also auch empfindlich gegen Licht und wird durch dasselbe gebleicht. Ausserdem wurde noch eine andere merkwürdige Erscheinung beobachtet: die mit Blut mässig gefüllten Gefässe waren an den belichteten Stellen merklich dunkler und grünlicher, als an den dunkel gehaltenen. Ich habe mich durch besondere Versuche überzeugt, dass das Licht auf den Gang der Hämoglobinzersetzung in rasch getrocknetem Blute von wesentlichem Ein-

flusse ist. Zieht man nämlich mit einem in frisches Blut getauchten Pinsel blasse Streifen auf eine Porzellanfläche und exponirt man das Plättchen, nachdem die Farbe schnell getrocknet, in derselben Weise, wie es eben von der Retina berichtet worden, so findet man die während einiger Zeit gründlich besonnten Stellen scharf von den beschatteten geschieden, die ersteren grünlich, die letzteren röthlich.

Endlich wurde die zweite noch disponible Retina zur Untersuchung des Verhaltens ihres an einigen Stellen in genügender Menge vorhandenen braunen Epithelpigmentes gegen Licht (vergl. unten) verwendet. Ebenso zugerichtet, wie die andere und vom 10. bis 19. Juli dem oft unterbrochenen Sonnenlichte ausgesetzt, zeigt sie noch heute an einigen Stellen zwei der Beschattung entsprechende, scharf berandete, hell chamoisbräunliche Streifen auf blass strohgelbem Grunde zum Beweise, dass auch die dunklen Pigmentkörnchen des Retinaepithels vom Lichte gebleicht werden.

Beide Netzhäute finde ich nach längerem Aufbewahren im trockenen Zustande über die ganze Fläche gelblicher, als anfänglich. Es bleibt zu untersuchen, ob dies ebenfalls eine Wirkung des Lichtes ist [1]).

II. Bemerkungen über die Farbstoffe der Vogelretina.

Die Bd I. S. 355 ausgesprochene Vermuthung, dass die drei von mir unterschiedenen Farbstoffe der Vogelretina in den bunten Oeltropfen der Zapfen nicht rein, sondern mehr oder minder mit

[1]) *Nobili* (Compt. rend. XIV. S. 823, Pogg. Ann. 56. S. 574) erklärte die menschliche Retina für gelb und suchte daraus die intensivere Wirkung der gelben Strahlen auf unser Auge zu erklären. Die Macula lutea sollte nach ihm nur deshalb zum Vorschein kommen, weil die Netzhaut dort am dicksten sei: falte man Stücke der Netzhautperipherie, so sehe auch diese deutlich gelb aus. Da eine gründlich gebleichte Netzhaut durch Falten nicht nennenswerth gelb wird, dürfte *Nobili* der Erste gewesen sein, der eine Andeutung des Sehgelb bemerkte.

einander gemischt vorkommen, glaube ich ausser durch die früher erwähnten Beobachtungen *Schwalbe's* noch durch einige gelegentlich erworbene Erfahrungen befestigen zu können.

Die Farbkugeln sind nämlich 1) wie bekannt, nicht bei allen Vögeln von völlig gleichem Aussehen, 2) nicht unter allen Umständen in derselben Retina gleich beschaffen und 3) in verschiedenen Theilen der Netzhaut etwas verschieden; alle Unterschiede sind aber der Art, dass sie nur auf Aenderungen in der Mischung dreier überall identischer Farbstoffe weisen.

Beim Huhn sind die Farben der einzelnen Kugeln um so reiner, je länger die Thiere im Dunkeln gehalten wurden: an Stelle der rubinrothen Kugeln fand ich solche von derselben ausgeprägten Purpurfarbe, wie sie das isolirte Rhodophan zeigt, die gelbgrünen Kugeln beträchtlich grünlicher, als gewöhnlich, ähnlich dem gut gereinigten Chlorophan; die orangefarbenen Kugeln zeigten sich dagegen nach 10—12tägigem Dunkelaufenthalte nicht geändert. Bei der Taube werden unter den gleichen Bedingungen ähnliche Differenzen beobachtet, obschon die Purpurfarbe namentlich in der tiefer gerötheten Stelle weit weniger zur Geltung kommt. Dagegen werden die gelbgrünen Kugeln, wie beim Huhne, bedeutend grünlicher. Dasselbe gilt auch für im Lichte gehaltene Thiere hinsichtlich des vorderen Theiles der Netzhaut, welcher wegen der von vorn nach hinten abgeflachten Gestalt des Bulbus dem Lichte wenig zugänglich ist. Nach hinten und nach dem Pecten zu scheinen die Chlorophankugeln immer reicher an Xanthophan zu werden.

Am meisten grünlich fand ich die Chlorophankugeln in der Netzhaut eines Papageies (Chrysotis Levaillanti?), etwas mehr zum Gelb neigend, jedoch erheblich grüner, als bei Taube und Huhn, bei einem jungen Thurmfalken. An der Netzhaut des letzteren bemerkte ich auch eine eigenthümliche Anordnung der verschiedenen Farbkugeln, die bei andern Vögeln zwar angedeutet,

aber viel weniger auffallend ist. Namentlich im centralen Theile der Retina findet sich dicht neben jeder rubinrothen Kugel eine kleinere, orangegefärbte, und nirgends eine dieser vereinzelt. Zwischen diesen Paaren liegen in grösserer Zahl die gelbgrünen und farblosen. An einer Stelle der Netzhaut, wo das Pigmentepithel in regelmässiger Anordnung erhalten geblieben, war das Bild noch auffallender, indem jedes roth-orange Paar dicht mit Pigment umhüllt erschien, während weite helle Höfe in der Pigmentzelle die mit gelbgrünen Kugeln versehenen Zapfen umgaben.

Wenn die rubinrothen Kugeln nach längerem Dunkelaufenthalte purpurn, die gelblichen grüner werden, so konnte man schliessen, dass das Licht das purpurne Rhodophon in Xanthophan, dieses in Chlorophan verwandele, dass also die beiden letzteren Pigmente die Reihe der Bleichungsproducte des ersteren darstellten. Ich fand indess für diese Auffassung keine thatsächlichen Anhaltspunkte, denn die Lösung des Rhodophans in Benzol wurde nach vieltägiger Belichtung einfach gebleicht ohne Aenderung der Nuance, so dass sie auch im letzten Stadium noch blassrosa aussah. Die Xanthophanlösung in Aether wurde unter denselben Verhältnissen allerdings der Auflösung des Chlorophans in Aether oder in Petroläther ähnlicher, aber die Differenzen dieser beiden Farben verwischen sich überhaupt bei starker und gleichmässiger Verdünnung sehr. Dass die Xanthophankugeln bei dunkel und hell gehaltenen Vögeln keine Differenzen zeigen (auch ihre Zahl scheint sich nicht zu ändern), widerspricht endlich jener Annahme am meisten.

Wie gering die Lichtempfindlichkeit der die Zapfenkugeln färbenden Stoffe sein mag, so verdient sie schon wegen des Vorkommens dieser Pigmente im Sinnesepithel Interesse. Ich habe daher versucht, die Bleichung in monochromatischem Lichte zu verfolgen, und zu dem Zwecke höchst verdünnte Lösungen der drei von einander getrennten Farbstoffe in Reihen dünnwandiger

Röhrchen einem guten Sonnenspectrum ausgesetzt. Mit Hülfe eines vortrefflich arbeitenden Heliostatenuhrwerkes habe ich viele Stunden lang an mehreren aufeinanderfolgenden guten Sonnentagen Licht gleicher Brechbarkeit auf den einzelnen Röhrchen zu erhalten vermocht, aber es ist mir nur beim Chlorophan geglückt, ganz geringes Abblassen im mittleren Theile des Spectrums zu erzielen. Nicht besser war der Erfolg an Flecken, die ich mit den Lösungen auf Papier hergestellt hatte. Ich musste mich desshalb an die schlechtere Methode, das Licht durch Absorption zu sondern, halten, und habe darauf immer je drei der Röhrchen unter rothen, grünen und blauen Gläsern continuirlich dem Tageslichte ausgesetzt, wobei ich die Erwärmung durch die oft erwähnten Berieselungsvorrichtungen auszuschliessen bestrebt war. Nur unter blauer Bedeckung hatten diese Versuche, freilich nach mehr als 8-tägiger Besonnung Erfolg und zwar den, dass gerade, wie am unzerlegten Lichte zuerst das Chlorophan, dann das Xanthophan, am spätesten das Rhodophan erblich. Ebenso war die Reihefolge unter einer Schicht von Kupferoxydammoniak, wo der Versuch indess bis über die zweite Woche hinaus fortgesetzt werden musste. Sicherlich sind dies keine Erfahrungen, welche den drei Farbstoffen dasselbe Verhalten, wie dem Sehpurpur und dem Sehgelb, welche letzteren von demjenigen Lichte, das sie am kräftigsten absorbiren, auch am schnellsten afficirt werden, zuzuschreiben gestatten.

Obschon die Zapfenkugeln in jeder beliebigen, dem Lichte ausgesetzten Vogelretina intensiv gefärbt gefunden werden und selbst ein längerer Aufenthalt der lebenden Thiere in blendendem Lichte daran nichts ändert, habe ich nicht versäumen wollen, den Erfolg ungewöhnlicher Blendung am Lebenden zu untersuchen. Ich nahm desshalb Tauben durch einen Lanzenschnitt die Cornea fort, öffnete die Linsenkapsel, entfernte die Linse und legte einen für den Zweck in entsprechender Grösse con-

struirten Lidhalter in die Pupille, so dass dieselbe ein weites viereckiges Loch darstellte. Vor der Operation ist es bequem, das dritte Lid wegzuschneiden und das Auge durch einen ebenfalls besonders angefertigten Lidhalter frei zu legen. Bei richtiger Ausführung ist das ganze Verfahren unblutig [1]). In die jetzt nicht mehr zu verengende Pupille liess ich Sonnenlicht fallen, und um dies länger durchführen zu können, benutzte ich den Heliostaten, während das Thier natürlich gut fixirt war. Ausserdem fand ich es nöthig das vom Spiegel kommende Licht mit einer grösseren Linse auf dem Auge zu concentriren. Um keine ungebührliche Erhitzung aufkommen zu lassen waren einige Einstellungsproben zu machen, nach welchen ich es übrigens leicht dahin brachte, dass ein in der Pupille fixirtes kleines Thermometer trotz der blendenden Beleuchtung nicht über 40° C. anzeigte. Ich habe mit dem nicht ohne Widerstreben auszuführenden Versuche noch andere Zwecke verfolgt (vergl. unten), als die hier erörterten, und berühre jezt nur das die Zapfenkugeln betreffende Ergebniss.

Es gelingt durch mehrstündige übermässige Blendung nicht, irgend welches Abblassen an den Farben der Zapfenkugeln zu erzeugen, und wenn überhaupt eine Veränderung an denselben bemerkt werden kann, so besteht sie in einer Verstärkung der Farbe. Nach einigen Wiederholungen des Experimentes halte ich mich von dem letzteren hinsichtlich der Chlorophankugeln überzeugt, denn ich habe diese niemals, und besonders nicht im ungeblendeten andern Auge von solcher Grösse und Farbensättigung gesehen, wie nach 2 der beschriebenen Blendungen. In einem dieser Fälle waren ausserdem die Innenglieder der entsprechenden Zapfen, in der Art wie es sonst nur an den Rhodo-

---

[1]) Auf jede Berührung der Cornea bemerkte ich zuckende starke Pupillenverengung.

phanzapfen des rothen Fleckes bekannt ist, mit gelbgrünen Körnchen gefüllt. Dem entspricht auch das makroskopische Aussehen dieser Netzhäute, das ausserhalb des rothen Fleckes gesättigter in der Farbe und grünlicher ist, als gewöhnlich. Zeigt die herausgenommene Membran sich heller als sonst, was auch vorkommt, so liegt es daran, dass die Zapfen in grosser Zahl abreissen und im Augengrunde zurückbleiben; man findet diese dann nach dem Ausschaben des Epithels und entdeckt die entsprechenden Defecte an den helleren Netzhautstellen ohne Mühe mikroskopisch.

Ohne behaupten zu wollen, dass das Licht für die Entstehung der fraglichen Farbstoffe unbedingt erforderlich sei, was schon durch *M. Schultze*'s Beobachtungen über die Entstehung derselben vor dem Ausschlüpfen des Hühnchens aus dem Ei unwahrscheinlich wird, glaube ich eine Betheiligung des Lichtes an dem Processe unter Umständen doch nicht ausschliessen zu können.

Mit der weiteren Verfolgung dieser Frage beschäftigt, wünsche ich gegenwärtig mehr die andere Seite des Ergebnisses zu betonen, welche jedenfalls die Unmöglichkeit beweist, im lebenden Vogelauge Bleichung der Zapfenkugeln zu erzielen. Um so auffallender war es mir daher, nachträglich Differenzen im Verhalten der Farben des geblendeten und des andern Auges gegen Licht wahrzunehmen. Es waren von jeder Netzhaut 4 Stückchen auf Milchglas angetrocknet, und zwar auf je eine Platte eins vom rothen Flecke und eins aus den helleren, jedoch möglichst central entnommenen Theilen. Da die Vogelnetzhaut nach dem Trocknen weit gesättigtere und gleichmässige Orangefärbung annimmt, so dass selbst der rothe Fleck nur an einem etwas tieferen Orange kenntlich bleibt, so schwanden jetzt die von den feuchten Membranen genannten Unterschiede und dies blieb so auf 2 im Dunkeln aufbewahrten Plättchen. Als ich aber die beiden andern mit je 2 Präparaten vom Dunkel- und Hellauge

belegten 2 Tage gründlich besonnt hatte, waren die des Ersteren kaum verändert, die des Letzteren stark gebleicht, das vom rothen Flecke entnommene hell orange, das andere fast farblos.

Mein Vorhaben, die Farbstoffe der Vogelretina in grösserer Menge zu gewinnen, wurde durch einen Umstand vereitelt, den ich anderen Untersuchern nicht vorenthalten möchte. Als ich fast 600 Augen von Tauben und Hühnern innerhalb 3 Monaten gesammelt und jedesmal frisch zugerichtet in Alkohol gelegt hatte, bemühte ich mich 4 Monate später vergeblich, die Farbstoffe daraus zu gewinnen. Der Alkohol hinterliess verdunstet eine gelblichbraune Masse, die Aether nur blass gelb färbte, und der Aether nahm aus den mit völlig hinreichenden Mengen Alkohol gut conservirten Augen nur wenig gelbliches Pigment auf. Da die rückständigen Netzhäute noch gelblich aussahen, habe ich sie mit Alkohol ausgekocht, aber weder dies noch Extraktion mit Chloroform, Benzol oder CS_2 führte zum Ziele. In der Meinung, dass die Pigmente an irgend etwas fixirt worden, behandelte ich Proben mit Säuren, mit Alkalien, auch unter Mitwirkung von Alkohol oder Aether, ohne farbige Extracte erzielen zu können, endlich den ganzen Rest mit Trypsin, um die Albumine zu lösen. Weder die Verdauungslösung noch der Rückstand gaben an Aether etwas Gefärbtes ab. Das gelbe Fett, welches die erste Aetherextraktion hinterlassen, verhielt sich auch beim Verseifen anders, als das der schnell verarbeiteten Augen, insofern beim Zugeben der Natronlauge zur heissen alkoholischen Lösung eine tief braunrothe Färbung auftrat. Da sämmtliche Präparate nur im Dunkeln gestanden hatten, so kann die allmähliche Zerstörung der Pigmente nicht mit dem Lichte zusammenhängen. Am Chlorophan und Xanthophan, das erstere in Petroläther, letzteres in Aether gelöst und nur mit etwas Seife verunreinigt, habe ich dieselbe unangenehme Erfahrung gemacht, dass die Farben (nach 5—6 Monaten) auch im Dunkeln

vergehen. Die Lösungen des Rhodophans in Benzol, welche ich heute noch besitze, sind dagegen unverändert. Im Ozonstrome werden die 3 Farbstoffe entfärbt, das Xanthophan am leichtesten, das Chlorophan zuletzt.

III. Vom braunen Pigmente des Auges.

Im 2. Hefte des I. Bandes von *Foster*'s Journal of Physiology habe ich kurz mitgetheilt, dass es mir gelungen sei, an dem bisher wohl allgemein für sehr stabil gehaltenen dunklen Pigmente des Retinaepithels Lichtempfindlichkeit nachzuweisen. Es war dies möglich gewesen besonders an Stückchen epithelhaltiger Vogelnetzhaut, welche ich einige Wochen mit einer thymolisirten Lösung von $^1/_2$ pCt. Soda benetzt am Lichte aufbewahrt hatte. Die ziemlich langen feinen Nadeln des Farbstoffs waren erst gelb, dann farblos geworden und im letzteren Zustande, ohne Aenderung der Gestalt aufzuweisen, in der bekannten Weise angeordnet in den wenig gequollenen Epithelzellen sichtbar geblieben; im Dunkeln blieb die Umwandlung aus.

In der Fortsetzung dieser Beobachtungen war ich vor Allem bemüht, mit reinerem Materiale zu arbeiten. Man verschafft sich dasselbe, indem man mit dem Epithel ausgeschlüpfte Froschnetzhäute frisch in Galle von 5 pCt. löst, filtrirt, die durchgehende Tinte absetzen lässt, abpipettirt, den Bodensatz wiederholt mit Wasser, endlich mit Alkohol und Aether wäscht. Wird ausser der ersten unumgänglichen, jede weitere Filtration vermieden, so ist der Verlust am geringsten und man erhält das Pigment sehr rein in Gestalt eines Satzes oder Anfluges. Anfänglich habe ich es vor der Aetherbehandlung noch mit verdünnter Soda gewaschen und der Trypsinverdauung, der es widersteht, unterworfen, doch halte ich dies nicht mehr für nöthig, weil den in der Galle suspendirten, durch das Filter gehenden Pigmenttheilchen niemals erkennbare ungelöste Stoffe beigemischt waren. Die des

Epithels beraubten Augengründe habe ich zur Gewinnung des chorioïdalen Pigmentes verwerthet, indem ich die schwarzen Membranen aus der Sklera herauspflückte und so lange mit Galle, später mit Wasser schüttelte, bis die Flüssigkeit nicht mehr von dunklen Körnchen getrübt wurde. Das Verfahren bedingt zwar bedeutenden Verlust, schützt aber vor jeder Verunreinigung mit Epithelpigment, das im Augengrunde nach dem Fortnehmen der Netzhaut zurückgeblieben sein könnte. Um die dunklen Körnchen aus dem Chorioïdalgewebe zu befreien, habe ich die schwarzen Flocken nach einmaligem Aufkochen in Wasser der Trypsinverdauung unterworfen, das Unverdaute mit verdünnter Soda, mit Wasser, äusserst schwacher Essigsäure, nochmals mit Wasser, endlich mit Alkohol und Aether gewaschen, Alles mit Umgehung des Filters nur durch Absetzen, Decantiren und Bearbeitung mit capillaren Pipetten. Was ich so als Rückstand erhielt, stellte eine nur aus amorphen dunklen Körnchen bestehende Masse dar, zwischen welchen mikroskopisch nichts Anderes zu erkennen war. Im Gegensatze zum Epithelpigmente sah dieselbe schwärzer, weniger braun aus, doch ist es mir fraglich, ob chemische Verschiedenheiten die Ursache davon seien, obwohl ich bestätigen muss, dass nur das Epithelpigment krystallinische Bildungen aufweist, aus welchen dieses wieder übrigens nicht ausschliesslich besteht. Im menschlichen Auge entspricht bekanntlich die Farbe sowohl des Epithels, als der Chorioïdea immer gleichmässig dem blonden oder brünetten Habitus.

Da die Experimente, welche ich vorhatte, sämmtlich auf längere Expositionszeit angelegt waren und der diesjährige Sommer durchaus keine Abkürzung der Belichtung versprach, wurden von vornherein Präparate der verschiedensten Art, in grosser Zahl, paarweise zum Verweilen im Hellen und Dunkeln hergerichtet. Eine Serie derselben unterschied sich nicht von gewöhnlichen, gut verschlossenen mikroskopischen Objecten und

es dienten sowohl Asphalt, wie sog. Würzburger weisser Kitt zum Verschlusse. Die möglichst ohne Luftblasen eingeschlossenen Zusatzflüssigkeiten bestanden aus Wasser oder Kochsalz, Soda, Pottasche von ½ pCt. Die 2. Serie bestand aus Milchglastäfelchen oder Stückchen Aquarellpapier, auf welche das Pigment in Bändern von verschiedener Dunkelheit mit dem Pinsel aufgemalt worden; dieselben wurden mit Streifen von rothem, farblosem und berusstem Glase oder nach lockerer Bedeckung der ganzen Fläche mit einem dünnen Glase, mit aufgeklebten Streifen schwarzen Papiers stellenweise gedeckt.

Das mit dieser 2. Serie erzielte Resultat war alsbald unzweifelhaft: die gemalten Streifen wurden hellbraun, gelb, zuletzt farblos, soweit das weisse Licht sie beschienen hatte, während die schwarz bedeckten Antheile nach Verlauf des ganzen Sommers noch völlig unverändert sind. Täfelchen, welche in der früher erwähnten Kühlvorrichtung belichtet worden, zeigen im Vergleiche zu anderen, von der Sonne zugleich erwärmten, keine Unterschiede, obschon die Behandlung noch die zweite Ungleichheit einschloss, dass die ersteren sich in ziemlich feuchter Atmosphäre, die letzteren unter Glocken mit SH_2O_4 befanden. Auf Papier gemaltes Pigment widerstand dem Lichte länger, blich aber endlich auch vollkommen aus. Hinsichtlich der erforderlichen Lichtintensität kann nur angegeben werden, dass die dunkelsten Streifen Wochen und Monate bedürfen, hellgraue je nach dem Wetter 14 Tage bis 2 Tage. An einigen seltenen guten Tagen wurde die Wirkung auf den am zartesten gemalten Streifen schon nach 4—5 Stunden von Personen bezeichnet, die nicht wussten, wo die Bedeckung sich befunden hatte; ich kann mir darum denken, dass Jemand, der solche Versuche unter günstigeren Breiten, vielleicht noch in der reinen Atmosphäre beträchtlicher Höhen anzustellen das Glück hätte, diesem Pigmente recht erhebliche Lichtempfindlichkeit zuschreiben würde. Was unter rothem

Glase gelegen hatte, zeigte sich nicht ganz unverändert, wenigstens ist an einem während des ganzen Sommers exponirten Plättchen, wo die rothe und schwarze Decke sich ohne jeden Zwischenraum berührten, indem ein zur Hälfte stark berusstes tiefrothes Glas übergelegt worden, die Grenze sehr deutlich und Was roth belichtet worden in ganzer Ausdehnung entschieden gelbbräunlich gegen die andere Hälfte der Fläche. Abwechselnd mit Chorioïdal- und Epithelpigment gemalte Bänder, paarweise in gleicher Sättigung gehalten, zeigten in keinem Stadium der Belichtung Unterschiede.

Zu meiner Ueberraschung hielt die Ausbleichung in der Serie der feuchten Präparate mit der eben erwähnten nicht gleichen Schritt, ja es zeigte sich nur an einzelnen alkalischen Präparaten Uebergang der Körnchenfarbe zu Gelb oder stärkeres Abblassen. Ich schob dies anfänglich auf Unsicherheiten der Beobachtung, denn es ist in der That kaum möglich, sich zu vergewissern, ob von so kleinen Theilchen, wie sie dieser Brei in dünner Lage enthielt, einzelne braun, gelb oder farblos seien, aber wenn ich mir etwas dichtere Stellen ansah, die jedenfalls keine stärkere Pigmentschicht darstellten, als die einigermassen dunkel gemalten Streifen der andern Serie und sie in den meisten Fällen nach derselben Belichtungszeit, welche jene ganz zu entfärben genügt hatte, noch braun fand, so musste ich mir sagen, dass irgend welche ausser dem Lichte zur Bleichung miterforderliche Bedingungen gefehlt hatten. Einige Versuche ergaben alsbald, dass es sich dabei um den atmosphärischen Sauerstoff handelt, ohne welchen (im luftleeren Raume oder in CO_2) das Pigment in der That vollkommen lichtbeständig ist. Dr. *K. Mays*, der die weitere Bearbeitung dieser Angelegenheit übernommen hat, wird darüber demnächst genauere Mittheilungen geben können.

Sobald bei einem physiologische Beziehungen einschliessenden,

chemischen Vorgange Oxydation in Frage kommt, liegt es nahe, den ausserhalb des Organismus zu constatirenden Verlauf nur für das schwache Abbild des innerhalb der Lebensverhältnisse stattfindenden Processes zu nehmen. Zahlreiche Fälle beweisen, wie weit wir davon entfernt sind, mehrere oxydative Lebensvorgänge, an deren Existenz nicht zu zweifeln ist, künstlich mit den Mitteln des Organismus in gleichem Grade oder überhaupt nachzuahmen. Man durfte daher der beobachteten Lichtempfindlichkeit des Epithelpigments für das unter dem gleichzeitigen Einflusse bewegter und athmender Säfte sehende Auge grössere Bedeutung zutrauen, als die Geringfügigkeit des Vorganges anfänglich vermuthen liess. In dieser Ueberlegung untersuchte ich durch maximale Belichtung geblendete Augen verschiedener Thiere, des Kaninchens, der Taube und des Frosches. Das schon erwähnte Verfahren war überall das nämliche: es wurde die Pupille nach Entfernung der Cornea und der Linse durch Sperrdräthe (Lidhalter), die auch dem Froschauge passend leicht herzustellen sind, weit geöffnet und mit Heliostat und Linse 2—6 Stunden so intensiv beleuchtet, als es ohne gefahrvolle Erwärmung möglich war. Frösche wurden dabei überrieselt und entweder mit Curare gelähmt, oder zur Vermeidung des für das Auge besonders zu beachtenden Oedems, gefesselt. Während der Blendung der Tauben und Kaninchen empfing ich den Eindruck, als ob eine beträchtliche Absonderung im Auge bestehe; auch war es niemals nöthig, für Verdunstung Ersatz zu leisten. Von der Retina wurde der maximal beleuchtete Antheil gesondert erhalten, indem ich das Centrum des Augengrundes mit dem Locheisen vollständig ausbohrte und das entsprechende Netzhautstück sammt dem Epithel später von der Uvea abhob. Zum Vergleiche dienten sowohl periphere vordere Netzhautabschnitte, wie Präparate aus dem andern Auge.

Das die Farbkugeln der Vogelretina betreffende Resultat

dieser Versuche wurde bereits berichtet; Aehnliches ist über die gelben Fettkugeln des retinalen Epithels vom Frosche zu bemerken, die ich zu meiner Ueberraschung grade an der am meisten geblendeten Stelle von äusserst gesättigter Färbung und nur in dem schwächer beleuchteten Umkreise vielfach bis zur Farblosigkeit gebleicht fand. Ich vermuthe die Ursache dieses sonderbaren Verhaltens in dem Umstande, dass das braune Pigment um so vollständiger die hinteren Stäbchenkuppen deckt, je intensiver die Beleuchtung ist und jene farbigen Kugeln vor weiterer Belichtung schützt. Zum Beweise, dass das Froschauge wesentliche Lebenseigenschaften bei dem Versuche nicht einbüsst, kann ich anführen, dass sich der Sehpurpur in einem 4 Stunden auf die erwähnte Weise geblendeten Auge nach ebenso langem Dunkelaufenthalte regenerirt fand.

Ob und in welcher Weise das braune Pigment Aenderungen erlitten, ist schwer zu sagen: ich bin der Meinung, dass eine solche aus gewissen Ansichten der Präparate, die ich beschreiben will, hervorgehe. Ein blasseres oder gelblicheres Ansehen der Epithelflächen im Ganzen ist zunächst gänzlich ausgeschlossen, ich habe es niemals gesehen. Dagegen verdienen einige Eigenthümlichkeiten der einzelnen Pigmentzellen Beachtung. Beim Frosche vermehrt sich erstens die Zahl der früher (Bd. I S. 287) beschriebenen farblosen Klümpchen bisweilen in erstaunlichem Grade, so dass die Epithelien von hinten betrachtet, dieselben in dem nicht pigmentirten Hute dicht zusammen gepackt und bis an den gelben Tropfen gedrängt zeigen; viele Zellen besitzen eine der Chorioidea zugewendete Zone, welche kaum etwas Anderes enthält. Ausserdem und mehr nach vorn zeigt der Zellenleib einen streifigen Inhalt, sieht struppig, wie aus wirr zusammengelegten, glänzenden, länglichen Stückchen bestehend, aus. Dieselbe Erscheinung findet sich im Epithel des Kaninchens und der Taube, denen die farblosen Klümpchen fehlen und ist bei der letzteren

am auffälligsten. Löst man das Epithel in Galle von 5 pCt. auf, so stiebt das Pigment auseinander, das Sehfeld bedeckt sich mit zerstreuten Kernen und die Klümpchen des Froschpräparates gehen in Lösung. Zu dieser Zeit fällt es auf, dass Bruchstücke der Zellenleiber, die dem struppigen Antheile entsprechen, entweder für sich oder an einem Kerne haftend, noch umhertreiben und erst später zu Körnchenhaufen zerfallen. In dem entstandenen Pigmentbrei braune und farblose oder gelbliche Körnchen und Stückchen zu unterscheiden, fand ich unmöglich, aber Alles, was ich gesehen, drängt mir die Ueberzeugung auf, dass der zwischen der vorderen Pigmentlage und dem Kerne befindliche Theil der Epithelzelle kleine,. kantige, gebleichtem Pigmente entsprechende Theilchen enthalte. Wer das retinale Epithel dunkel gehaltener Thiere sorgfältig untersucht hat, kennt zwar auch an diesem eine gewisse streifige Zeichnung, die dem pigmentarmen Antheile des Protoplasma oft eigenthümlich ist, ich muss mich aber grade, weil mir dieselbe bekannt ist um so bestimmter darüber aussprechen, dass die Zellen der geblendeten Netzhaut eine besondere Art streifigen Inhaltes darbieten. In den nach vorn gerichteten Fortsätzen der Pigmentzellen habe ich bisher vergeblich nach ausgeblichenen Pigmentnadeln gesucht und bin darin auch bei der Taube, wo mir der Anblick nach den Erfahrungen an ausserhalb des Organismus besonnten Objecten bekannt war, nicht glücklicher gewesen. Weitere Beobachtungen über die Frage nach der epithelialen Pigmentbleiche, im Leben mit dem beschriebenen Verfahren durchgeführt, dürften bessere Erfolge geben, wenn man Thiere fände mit ähnlich hellem Epithelpigmente, wie dem hochblonder menschlicher Augen, denn dieses fand ich im isolirten Zustande noch lichtempfindlicher, als innerhalb der getrockneten Netzhaut, (vergl. oben S. 105) ja von allem bis jetzt untersuchten Epithelpigment weitaus am schnellsten bleichend im Lichte.

Schlusserörterungen.

Seit unserer Bekanntschaft mit der directen Wirkung des Lichtes auf den Sehpurpur steht nunmehr eine ganze Reihe durch Licht nachweislich veränderlicher Retinabestandtheile und eine grössere Anzahl photochemischer Processe zur Verfügung, deren Bedeutung für das Sehen nicht abzuweisen ist. Als ich dem Farbstoffe der Stäbchen den Namen Sehpurpur gab, schloss ich die Hypothese daran, dass der Körper die Function habe, im Leben vom Lichte zersetzt zu werden und Producte zu liefern, welche als chemische Reize auf die Sehzellen wirken. Da Hypothesen das Mittel sind, mit dem man weiter arbeitet und keine einzige Thatsache bekannt ist, welche die eben genannte widerlegt, so finde ich um so weniger Grund, sie zu verlassen, als von anderer Seite bereits dem auch von mir empfundenen und ausgesprochenen Bedürfnisse nach Bearbeitung der Frage von einem entgegengesetzten Standpunkte genügt wird. Wenn es mir vergönnt war, thatsächlich zu erweisen, dass es ein Sehen ohne Sehpurpur gibt, indem ich die Abwesenheit des Purpurs in allen Zapfen und in den Stäbchen einzelner Thiere sowohl, wie das Sehen mit ausgeblichener Netzhaut darzuthun vermochte, so habe ich damit keineswegs Anlass gegeben, mir die Meinung zuzuschreiben, dass der Purpur die ihm von der Hypothese zugeschriebene Bedeutung nicht haben könne und noch weniger, dass er mit dem Sehen überhaupt nichts zu thun habe.

Die photochemische Hypothese des Sehens fordert zweierlei: erstens durch Licht zersetzliche Körper und zweitens durch die Zersetzungsproducte erregbare Apparate. Die ersteren sind im Sehpurpur und anderen, von *Exner* sehr zweckmässig als Sehstoffen bezeichneten Körpern gefunden, die letzteren werden in den Sehzellen vorausgesetzt. Nichts ist natürlicher, als dem Purpur in hervorragender Weise die Bedeutung eines Sehstoffes zuzuschreiben, da er unter allen bekannten Körpern, die wir

dafür halten können, allein den hohen Grad von Lichtempfindlichkeit besitzt, dessen die Geschwindigkeit des Sehactes und die Empfindlichkeit des Auges gegen geringe Lichtintensitäten zu bedürfen schien. Ich bin daher der Ansicht sehr zugethan, dass das Stäbchensehen ausgeruhter oder von mässigem Lichte getroffener Augen vorwiegend auf dem Vergehen und Entstehen des Purpurs beruht. Weiter hat man zu fragen, ob das Stäbchensehen noch fortbesteht, nachdem der Purpur verschwunden ist? Darüber kann ohne Weiteres weder das menschliche noch ein thierisches, ausserdem mit Zapfen und mit Zapfensehen begabtes Auge entscheiden. Indess wurde die Frage zu verneinen gesucht, weil nächtliche Thiere, deren Zapfensehen man Grund hatte für schwach entwickelt zu halten, unter solchen Bedingungen, unter welchen der Sehpurpur schneller bleicht, als er wieder hergestellt werden kann, schlecht oder nicht sehen. Welche Aufklärung immer uns über das Sehen der Nachtthiere bevorstehen möge, so muss ich es für höchst wahrscheinlich halten, dass der Verlust des Sehpurpurs das Stäbchensehen noch nicht aufhebt, und dass im Stäbchenapparate allein schon mehrere Sehstoffe enthalten seien. Hierüber würde das Verhalten solcher Thiere, welche nur Stäbchen besitzen, entscheiden, nachdem sie den Purpur verloren haben. Wie es scheint, eignet sich dazu das Kaninchen. Es ist zwar in der mikroskopischen Anatomie Gegenstand der Controverse, ob das Kaninchenauge Zapfen besitze, und ich selbst habe mich darüber bis jetzt nicht bestimmt zu entscheiden vermocht, aber ausser Zweifel ist es, dass etwa vorhandene Zapfen in ungewöhnlichem Grade gegen die Stäbchen zurücktreten müssen. Die Kaninchennetzhaut erscheint in der Aufsicht von rückwärts so homogen rosig, und es ist bei mikroskopischer Betrachtung gut ausgebreiteter Präparate so unmöglich, irgendwo farblose Unterbrechungen in dem gleichmässig rosenfarbenen Stäbchenmuster zu finden, deren man an sicher

zapfenhaltigen Netzhäuten immer leicht ansichtig wird, dass ich dieses Auge in der Frage für entscheidend halten möchte.

Ob Kaninchen sehen oder nicht, ist leicht festzustellen: mit vernähten Lidern oder verbundenen Augen sind sie so ungeschickt, dass man sie auch ohne Beachtung der Schutzmittel am Kopfe von andern unterscheiden würde. Etwas normaler benehmen sich einige Tage nach der Operation die nach *Holmgren's* Methode der intracraniellen Opticusdurchschneidung erblindeten, doch erkennt man auch deren Blindheit ohne Mühe: sie rennen gejagt mit Vehemenz gegen eine Mauer, stürzen im Laufe in einen senkrecht abfallenden Schacht, und wenn man sie auf ein Brett von mässigem Umfange setzt, das auf einem hohen Pfosten befestigt ist, so fallen sie gelegentlich, ohne Sprung, wie ein Sack herunter, was Alles sehenden Kaninchen nicht begegnet. Steht die Platte nur meterhoch, so springen normale Kaninchen nach einiger Umschau vorsichtig herunter; die blinden halten sich ängstlich tastend länger oben, und wenn sie herabkommen, so geschieht es mit ungeschicktem Fall. Legte ich von solcher Platte eine lange, schmale Latte bis in die Stallthür, so fanden die Thiere bald den Muth, sie als Brücke zu benutzen, während die blinden niemals Gebrauch von dem Mittel machten, das ihnen gedient haben würde, den Unbilden der Witterung zu entkommen. Des Sehpurpurs beraubte Kaninchen zeigten von dieser Unbeholfenheit keine Spur; *Coccius* war also im Rechte mit der Bemerkung, dass Verlust des Purpurs auch bei Kaninchen keine Blindheit bedinge. Um sicher zu gehen, habe ich die Thiere mit atropinisirten Augen auf einem hohen, schmalen Gestelle mit allseitig freier Umschau in die Sonne gesetzt, von einem den totalen Verlust des Sehpurpurs constatirt, von einem anderen, dass es nach 25 Minuten Dunkelaufenthalt die ersten Anzeichen der Netzhautfärbung wieder gewann und mich überzeugt, dass beide zuvor bei den genannten Proben kein Benehmen darboten,

das auf Verlust des Sehvermögens gedeutet hätte. Diese Erfahrungen sind vollkommen in Uebereinstimmung mit *Holmgren's* Nachweis, dass ein gebleichtes Kaninchenauge auf Lichtreiz noch Schwankungen der Retinaströme zeigt (vgl. dieses Heft, S. 81—88). Ich schliesse daraus, dass der Stäbchenapparat ausser dem Sehpurpur noch über andere dauerhaftere Sehstoffe verfüge und denke, dass das Epithelpigment als einer davon aufzufassen sei.

Wie gering die Lichtempfindlichkeit des braunen Pigmentes selbst im Leben sein mag, so scheint sie mir unter Voraussetzung besonders kräftig erregender Wirkung der Bleichungsproducte, die allmählich gelöst werden dürften, und einer gegen diese chemischen Reize hochgradigen Erregbarkeit der Sehzellen genügend, um die zum Sehen nöthige Reizung zu veranlassen. Nichts steht, um wieder daran zu erinnern, nach Dem, was Jedermann über die chemische Erregbarkeit der Riechzellen weiss, im Wege, die höchsten Grade chemischer Veränderlichkeit auch dem Protoplasma der Sehzellen zuzuschreiben. Wir müssen uns bei einem Sinnesorgane von dieser Feinheit, das auf derartig minimale lebendige Kräfte reagirt, wie das Auge, an den Gedanken gewöhnen, dass auch nur verschwindend kleine Quantitäten chemischer Mittel nöthig sein werden, um bedeutende Wirkungen hervorzubringen. Beweise, dass viele andere Gewebe von solchen Spuren in colossalem Grade functionell geändert werden, liegen in Menge vor: man denke an die Wirkung mancher Gifte, an die Spuren der Santonsäure, die jeweils nur im Sehapparate enthalten sein mögen, und deren Effecte, an *Darwin*'s Beobachtungen über den Einfluss fast unglaublich geringer Ammoniakmengen auf das Protoplasma einiger Pflanzenzellen und man wird sich vielleicht immer noch zu geringe Vorstellungen von der chemischen Erregbarkeit des Sehzellenleibes machen. Darum ist auch die vorerwähnte Annahme, dass ein Sehorgan, welches für Licht von sehr geringer Intensität genügt, einen mindestens so hochlichtempfindlichen Sehstoff, wie den

Sehpurpur enthalte, nicht unumgänglich, indem eine hochgradige Reactionsfähigkeit der von dem chemischen Sehreger zunächst betroffenen Einrichtung ihm auch erlauben würde, mit einem langsam durch das Licht zersetzlichen Stoffe auszukommen.

Unter Sehzellen sind hier im Allgemeinen nur die Stäbchen und Zapfen, im gegenwärtigen Falle die Stäbchen sammt dem Innengliede gemeint, denn die Epithelzellen dafür zu halten liegt trotz dem Nachweise darin befindlicher lichtempfindlicher Stoffe keine Veranlassung vor. Die Entwickelung der Pigmentzellen ist bekanntlich eine so selbständige, und es schieben sich die sprossenden Aussenglieder des eigentlichen Sinnesepithels, d. h. der mit empfindenden Nerven zusammenhängenden Epithelien so deutlich in die weiche, vorher fertige Pigmentlage vor, dass an einen sog. organischen Zusammenhang der beiderartigen Gebilde nicht zu denken ist. Ausserdem gibt es gute physiologische Gründe, das Epithel für nicht direct am Sehacte betheiligt zu halten, da keine Erfahrung über das Unterscheidungsvermögen nahe zusammenliegender Bildpunkte mit der zum Theil beträchtlichen Grösse der Epithelzellen zu reimen ist, während die schmalen Aussenglieder der Stäbchen und Zapfen solchen Anforderungen bekanntlich sehr gut entsprechen. Ich muss endlich bekennen, niemals haben einsehen zu können, wie man darauf verfallen mochte, Stäbchen und Epithelzelle für Doppelzellen zu halten, da man doch weiss, welche grosse Zahl von Stäbchenenden in einer Epithelzelle Platz findet. Wer dies Alles im Widerspruche mit der Entwickelung zu einer Zelle zusammenschweisst, oder an Copulation denkt, hätte passender die Bezeichnung Riesenzelle gewählt.

Wenn es eine Stelle an den Stäbchen gibt, die darnach aussieht, als ob sie einem Verbrauche unterliege, so ist es gewiss die äussere in der Pigmentzelle steckende Kuppe, die niemals so glatt abgeschnitten aussieht, wie *M. Schultze* u. A. sie abbildeten; sondern sich geradezu wie angefressen oder benagt ausnimmt.

Hier, wo das Stäbchen mit Pigmentnadeln gespickt ist und um so mehr davon bedeckt wird, je intensiver und dauernder die Belichtung war, dürfte auch ein Angriffspunkt für Reize zu suchen sein. Vielleicht ist es indess nicht einmal nöthig, für alle Fälle die chemische Reizung an das Stäbchen zu verlegen, da der Sinn der scharfkantigen Nadelform des Pigmentes, welche an keinem Wirbelthierauge vermisst wird und wunderbarer Weise ganz vorwiegend den Theilchen zukommt, die nach vorn und in Contact mit den Stäbchen und Zapfen gerathen, auch ein mechanischer sein könnte, insofern das Protoplasma mit solchem Reibmittel bewaffnet, durch seine Bewegungen mechanisch reizend zu wirken vermöchte. So bleibt auch für eine Auffassung Raum, welche eine photochemische Reizung in das Protoplasma der Epithelzellen verlegt, und dann nicht die Stäbchen, sondern die Matrix des Pigmentes für das chemisch gereizte erachtet, und an sehr bekannte Dinge bei auf Licht mit Bewegung reagirenden Zellen, die bekanntlich ausnahmslos pigmentirt sind, anknüpft, ohne auf den physiologisch wohl begründeten Satz zu verzichten, dass nur Licht-Erregungen, welche Stäbchen oder Zapfen treffen, Lichtempfindung auslösen. In diesem Sinne könnte auch das Wandern des Pigmentes zwischen den Stäbchen nach vorn, indem es deren Cylindermäntel reibt, als Sehreiz aufzufassen sein; doch scheinen mir einige Gründe gegen die letztere Annahme zu sprechen und darauf hinzuweisen, dass dieser Vorgang für das Zutreten des Pigmentes zu den weniger nach rückwärts reichenden Zapfen grössere Bedeutung habe. So viel ich sehe, ist diese Hypothese einer mechanischen Stäbchenreizung in keinem Widerspruche mit unseren Kenntnissen vom Sehen, wenn man sie nicht auf den Anfang des Sehactes ausdehnt. Lässt man sie für die Nachwirkungen zu, so bereitet ihr die Langsamkeit der Protoplasmabewegungen kein Hinderniss. Ausser dem Sehpurpur wurde des braunen Pigmentes nur als **eines** der weiteren Sehstoffe des

Stäbchens gedacht, weil das Fehlen des Pigmentes bei den Albinos und in dem sehr verbreiteten Tapetum noch andere anzunehmen nöthigt. Wie mit einem Tapetum gesehen werde, wissen wir nicht und an den Albinos bemerken wir nur, dass sie leicht geblendet sind, was rein optische Gründe haben kann. Albinotische Kaninchen nach Erweiterung der Pupillen mit Atropin an die Sonne gebracht (wo die Augen prachtvoll roth funkeln), bis der Sehpurpur geschwunden, betragen sich nach meinen Erfahrungen nicht wie blinde: die Hypothese erfordert da also noch weitere und zwar farblose Sehstoffe. Für das Tapetum der Räuber dürfte der sonderbare Filz erstaunlich feiner und weicher Krystalle im gleichen Sinne Beachtung finden.

Pigmente im Auge sind etwas durch die ganze Thierreihe Verbreitetes, und bei den niedersten Thieren ist es häufig nur das Pigment gewesen, das zur Annahme und Auffindung der Sehorgane geführt hat. Es wird darum immer nützlich sein, das Verhalten der zahlreichen thierischen Pigmente zum Lichte festzustellen, nicht nur in Rücksicht auf das Sehen, sondern auch bezüglich der unverkennbaren Bedeutung farbiger Einschlüsse im Protoplasma für dessen vom Lichte beeinflusste Bewegung. Ueber das Letztere habe ich Untersuchungen begonnen, indem ich gereinigtes braunes Augenpigment theils direct mit Salamanderblut mischte, theils durch Injection in die Venen lebender Frösche an weisse Blutkörperchen verfütterte. Die etwas umständlichen Versuche, über welche ich zu anderer Gelegenheit hoffe ausführlicher berichten zu können, haben einstweilen das Resultat ergeben, dass stark imprägnirte Zellen in hellem Lichte kuglig und bewegungslos werden und nur im Dunkeln oder bei sehr schwachem Lichte, sowie in gelber und rother Beleuchtung Fortsätze treiben oder Ortsveränderungen ausführen. Weisse Blutkörperchen mit wenig Pigment beladen schienen im Lichte dagegen beweglicher zu werden, während an den gewöhnlichen farblosen Zellen des

Blutes gar kein Einfluss des weissen, rothen, gelben, grünen oder blauen Lichtes zu bemerken war.

Bezüglich der Lichtempfindlichkeit der Augenpigmente in der Thierreihe mögen hier einige gelegentlich gesammelte Erfahrungen Platz finden.

Bei keinem einzigen Wirbellosen wurde Sehpurpur gefunden und überhaupt keine am directen Sonnenlichte oder in diffuser Tageshelle schnell bleichende Farbe, was in vollkommener Uebereinstimmung mit den Beobachtungen von *Krukenberg* (vergl. ds. Hft. S. 58) ist. Es steht dies zwar im Widerspruche mit der Auffassung, welche kürzlich die Beobachtungen von *Chatin* an Locusta viridissima erfahren haben, wer indess das Original (Compt. rend. 25. Nro. 8 S. 447) liest, wird durchaus nicht den Eindruck empfangen, als ob der Autor von einer lichtempfindlichen Farbe spreche. *Chatin* sagt ganz richtig, dass die Bündel der Sehstäbe von violetschwarzem Pigmente umhüllt seien und gibt ein Verfahren an, die Stäbe mit Alkalien einzeln zu erhalten, worauf man sie von hell lila, bald schwindender Farbe finde, aber er sagt nichts über Unterschiede der Erscheinung im Hellen und im Dunkeln und nicht, was Jeder leicht wird bestätigt finden, dass intensivstes Licht in einigen Stunden an den ohne Alkali behandelten Gruppen der Stäbe gar keine Veränderung des violetten Schimmers erzeugt. Es ist mir auch zweifelhaft geblieben, ob die feinen Stäbe selbst Farbe besitzen, da ich an solchen, die aus der dunklen Pigmenthülle losgelöst waren, nichts davon erkennen konnte, obwohl ich die Präparation des Auges eines 24 Stunden im Dunkeln gehaltenen Thieres vor Natronlicht vorgenommen hatte. Ein solches Präparat mit Sodalösung zerfasert gab eine violette Masse, die ich im Laufe eines sonnigen Vormittags im Hellen so wenig, wie im Dunkeln veränderlich fand. Ob der Sehpurpur den Wirbellosen ohne Ausnahme mangele, lässt sich begreiflich nicht voraussagen, um so weniger, als man

es nach Analogie des vereinzelten Vorkommens des Hämoglobins vielleicht ausnahmsweise erwarten könnte. Ich gestatte mir hier die Bemerkung, dass nichts eindringlicher den Werth experimenteller Methoden vor der sogenannten reinen Beobachtung erweist, als die Geschichte des Sehpurpurs. Wer von der Erfahrung einer allgemein verbreiteten, auch bei den Wirbellosen identischen Netzhautfärbung ausging, konnte mit Hülfe der letzteren Methode nur auf den Gedanken kommen, dass etwas Anderes, als Licht, nämlich beschleunigtes Absterben u. dergl. die Ursache des Bleichens einer herausgenommenen Wirbelthierretina sei, statt an das Licht zu denken, wenn er zuvor die bedeutende Haltbarkeit der Farbe an Wirbellosen, wo sie bekanntlich von *Krohn* zuerst gefunden worden, bemerkt hatte.

Ein zerdrücktes Fliegenauge gibt einen carminrothen Fleck mit schwarzer Sprenkelung. Auf Porzellan ausgestrichen, getrocknet und einige Tage partiell besonnt, zeigen sich die dunkel gehaltenen Stellen noch von der Anfangsfarbe und stark unterschieden von den belichteten, aus denen das Roth mehr und mehr verschwindet. Längere Besonnung bleicht das rückbleibende Braun weiter, jedoch auch in dünnen Schichten nicht vollkommen.

Entnimmt man dem Auge des Hummers etwas von dem zwischen den Sehstäben befindlichen schwarzen, zum Violet neigenden Pigmente und malt es in Streifen von verschiedener Deutlichkeit aus, so zeigen auch die blassesten nach monatelanger Besonnung keine Unterschiede gegen dunkel gehaltene Antheile. Die Farbe hat sich mir bis heute, ausser dem reducirten Hämoglobin, als die echteste von allen erwiesen. Ich bewahre ein Milchglasplättchen auf, das damit in allen Abstufungen, vom unscheinbarsten Grau beginnend bemalt ist und nirgends Andeutungen des schwarzen Bandes erkennen lässt, welches sie während des ganzen Sommers unter einem nach Süden gelegenen

Oberlichte bedeckt hatte; die Farbe bewahrt also auch die violette Beimischung.

Eine aus vielen Augen von Helix pomatia angetrocknete Reihe zeigt starke Differenzen von dunkel- zu hellbraun, selbst gelb, je nach der vorgenommenen Bedeckung, nachdem sie 4 Wochen belichtet worden. Die Bleichung betrifft jedoch am meisten das diffus in einigem Abstande um die Augen verbreitete Pigment, während die eigentlichen Augenpunkte noch überall ganz dunkel sind. Im Anfange der Belichtung boten die letzteren in sofern Differenzen, als das schwache Violet, das man an den frischen oder wieder aufgeweichten Augen nach guter Zertheilung wahrnimmt, nur im Lichte ausfiel; später verlor sich dasselbe aber auch in den im Dunkeln trocken bewahrten Präparaten.

Da das Crustaceenauge in den Stäben einen purpurnen, freilich sehr langsam am Lichte vergänglichen Farbstoff, ausser dem umhüllenden, überraschend echten enthält, so scheint irgend etwas durch Licht zu Bleichendes in jedem Auge vorzukommen.

Die photochemische Hypothese des Sehens birgt, ich verkenne es nicht, eine Gefahr in sich, die hervorzuheben ist, um ihr im Fortgange der Bearbeitung Beachtung zu verschaffen: es können farbige Bestandtheile der Netzhaut, nur weil sie lichtempfindlich sind, für Sehstoffe genommen werden, während sie in Wahrheit als Absorptionsmittel Bedeutung und nur diese Function haben. An der gelben Farbe der menschlichen Macula haben wir bereits ein Beispiel: dieselbe ist von nicht geringer Lichtempfindlichkeit, aber wegen der ganz gleichmässigen Verbreitung durch die verschiedenartigsten Gewebe der Netzhaut, und wegen ihrer Lage in den vorderen Schichten gewiss nicht zu den Sehstoffen zu rechnen. Verdient der Farbstoff, wie anzunehmen, für das Sehen Beachtung, so geschieht es mit Rücksicht auf die Absorption, welche das Licht daran erleidet, das nachher erst zum Perceptionsapparate gelangt. Dasselbe gilt nach einer

sehr verbreiteten Ueberzeugung von den verschiedenfarbigen Oelkugeln der Vogelretina, welche in so merkwürdiger Weise von der gesammten Reihe complementärer Farben grade die Hälfte, und von jedem Paare das weniger brechbare Glied darstellen. Eminent farbensinnigen Geschöpfen eigenthümlich und in der Klasse nach *Schultze's* Entdeckungen am Eulenauge ausnahmsweise zurücktretend, selbst fehlend, grade da, wo der Farbensinn unnöthig wird, muss man glauben, dass ihnen besondere Bedeutung für die Unterscheidung der Farben zukomme. Will man sich das Ideal dieses Vermögens vorstellen, so muss man, abgesehen davon, dass es Geschöpfe geben könnte, die das Spectrum nach beiden Richtungen länger sähen, als wir, fordern, dass nicht allein kleine Veränderungen der Wellenlänge des objectiven Lichtes möglichst grosse Abstufungen der Empfindungsqualität erzeugen, sondern dass auch sehr grosse Intensitäten des monochromatischen Lichtes noch gesättigte Farbenempfindung auslösen, und dass endlich polychromatisches Licht innerhalb weiter Intensitätsgrenzen das Sinnesorgan so errege, dass möglicht viele und kleine Aenderungen in der Mischung herausempfunden werden. Wie schlecht das menschliche Auge dem entspricht, wissen wir aus dem leichten Uebergange gewisser Farben bei steigender Intensität zu Weiss: unsere Macula schützt uns nicht, intensiveres spectrales Violet weisslich zu sehen, obwohl sie kaum einen andern Sinn haben kann, als den der Absorption kurzwelligen Lichtes, und oft habe ich es erfahren, dass ich mässig gefärbte Objecte in grellem Sonnenlichte, in welchem der Vogel gern verweilt und findet, was er sucht, trotz abgewandter Kopfstellung für vollkommen farblos und gebleicht hielt, bis ein Schritt mit dem Gegenstande in den Schatten mich über die Farbe sogleich und schlagend belehrte. Um gegen solche Unvollkommenheiten Abhülfe zu schaffen, kann es kein besseres Mittel geben, als Dämpfung, und wenn ich auf die Intensität des farbigen

Eindruckes nicht verzichten will, muss der Dämpfer farbig sein, aber für die auf die einzelnen objectiven Farben eingerichteten Perceptionsorgane verschiedenfarbig.

Wir wir nur eine Stelle in der Netzhaut besitzen, welche unsere Zapfen einigermaassen vor übermässiger Einwirkung des im Allgemeinen chemisch wirksamsten kurzwelligen Lichtes schützen, so ist nach *Schultze*'s bekannter Entwickelung die Vogelnetzhaut mit einer Zahl solcher grossen Maculae ausgestattet mit dem weiteren Vorzuge jedoch, dass ausser dem Violet und Blau auch das Grün von einigen stark angedämpft wird, und je nach Bedürfniss an den einzelnen Fleckchen in verschiedenem Grade. Dies Alles ist für die Zwecke des Sehens der Vögel so verständlich, dass die Function der Farbstoffe als Absorbenten kaum in Frage zu stellen ist. Dieselbe schliesst jedoch ihre Bedeutung als Sehstoffe, welche damit combinirt sein könnte, nicht aus, ja man kann um so mehr auch an diese denken, weil die Farbkugeln in den Sehzellen liegen. Der dem Sehpurpur gegenüber ausserordentlich geringe Grad von Lichtempfindlichkeit würde nach den beim schwarzen Pigmente ausgeführten, noch geringere Zersetzlichkeit in Betracht nehmenden Erörterungen, der Annahme kein Hinderniss bereiten, aber die vorgenannten Blendungsversuche, welche eher Vermehrung, als Verminderung der Farbstoffe ergeben, scheinen anderer Auffassung das Wort zu reden. Ich habe jene Blendungen auch mit eingeschalteten blauen und grünen Gläsern vorgenommen und ungefähr dieselben Resultate erzielt, wie mit weissem Lichte, sicherlich niemals Abblassen irgend einer der Zapfenfarben. Gleichwohl halte ich die Thatsache nicht für entscheidend, da der lebhafte Stoffwechsel des Vogels dem Gedanken Raum lässt, dass einer gesteigerten Zersetzung übermässige Restitution folge. Es gibt aber eine andere, der Auffassung unserer Pigmente als Sehstoffe ungünstige Ueberlegung, indem man sich fragt, wozu das Vogelauge noch die grosse Zahl nicht mit farbi-

gen Dämpfern versehener Zapfen habe. Soll diese weitaus überwiegende Zahl ausschliesslich die Perceptionsorgane für das von den mit Farbkugeln versehenen Zapfen ausgeschlossene, andersfarbige Licht vorstellen, oder soll ihre Erregung zu denselben Empfindungsqualitäten führen, wie die der Stäbchen? Da die Vogelnetzhaut ausserdem noch Stäbchen besitzt, so ist es kaum glaublich, dass auch nur ein Theil dieser Zapfen keine Farbenzellen vorstelle, vielmehr ist anzunehmen, dass sie es seien, welche dem Vogel auch in der Dämmerung die Farben zu unterscheiden gestatten, wozu die andern schlecht taugen würden. In den Fettpigmenten der Zapfenkugeln Sehstoffe voraussetzen, hiesse daher den Aussengliedern zwei Sehstoffe für einen Zweck zuschreiben, eine Annahme, die des Guten zu viel enthält. Es ist Nichts gegen die Annahme verschiedener farbloser Sehstoffe in den zur Vermittlung verschiedenfarbiger Empfindung dienenden, verschiedenen Zapfen einzuwenden, und es wird deren gewiss in den betreffenden Aussengliedern so viele geben, als Grundfarben zu zählen sind, aber es ist gegenwärtig kein Anlass weitere Complicationen zu schaffen, von denen die fernere Untersuchung Erschwerung zu befürchten hätte.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 7.

Fig. 1. Retina vom Frosche, *A* von hinten, *B* von vorn gesehen, *Hartnack* X. 3. Sehweite 18 cm. Mit dem Zeichenprisma copirt, indem bei sehr mässigem Licht erst die grünen Stäbchen schnell mit farbiger Kreide aufgenommen, später die inzwischen entfärbten purpurnen mit der Bleifeder eingetragen wurden. Das Präparat entspricht einem centralen Netzhauttheile. (In Fig. 1 *A* und 2 *A* sind die vom Lithographen nach Art gewöhnlicher Kreisschatten an den Stäbchenkuppen ausgeführten Linien nicht der Natur und der Originalzeichnung getreu nachgebildet; dieselben sind in Wahrheit unregelmässiger und vielfach geknickt.

1 *A*, *a* purpurne, *b* grüne Stäbchen, die Zwischenräume pigmentfrei, aber sehr dunkel; Zapfen sind darin wegen der Einstellung auf das hintere

Stäbchenende nicht zu sehen; die grünen Stäbchen ragen immer etwas weiter nach hinten, als die übrigen; *d* Stäbchen mit flachen, scheibenförmigen Auflagerungen, oder im Aufblättern begriffen, *e* kuglige myelinartige Körper.

1 *B*, *a* purpurne Stäbchen, *b* kleine lichte Kreise, den Fäden der *Schwalbe*'schen, grünen (*Boll*) Stäbchen entsprechend, *c* Zapfen, ohne Färbung, aber im (von hinten) durchfallenden Lichte dunkel. Unter den grösseren dunklen Mosaïkstücken entsprechen einige auch Stäbchen (links unten), deren Aussenglieder im Präparate schief stehen.

Fig. 2. *A* und *B*, Retina von Salamandra maculosa. Vergrösserung und Bezeichnung wie in Fig. 1. Grüne Stäbchen und die denselben entsprechenden Kreise (b. Fig. 1) fehlen gänzlich. *f f* Doppelzapfen.

Tafel 8.

Fig. 1. 1 *A*, 1 *B*, Retina mit dem Pigmentepithel eines besonnten Frosches von hinten betrachtet. *Hartnack* VIII. 3, 18 cm. 1) Einstellung auf die oberste Ebene. Die gelben Fettkugeln liegen tiefer und haben darum verwaschene Grenzen; *a a* glänzende, farblose, in Galle lösliche Klümpchen; *b b* Kerne. Zwischen den Epithelien sind keine hellen Kittleisten zu sehen.

1 *A*, tiefere, mittlere Einstellung auf die Höhe der meisten Fettkugeln. Die farblosen Klümpchen und die Kerne werden nicht mehr gesehen, dagegen taucht viel schwarzes Pigment, besonders an den Rändern der Zellen auf.

1 *B*, tiefste Einstellung auf die Kuppen der Stäbchen; die Fettkugeln sind nur als diffuse gelbe Flecke zu erkennen. Das schwarze Pigment bedeckt manche Stäbchenenden ganz oder theilweise.

Fig. 2. Retina mit Epithel von einem roth belichteten Frosche. Vergrösserung wie in Fig. 1, tiefste Einstellung. Man sieht im Areale jeder Pigmentzelle ungefähr 1 grünes Stäbchen; dieselben erscheinen in solchen Objecten auffallend intensiv blaugrün.

Fig. 3. Mit dem Pigmentepithel abgezogene Retina eines belichteten Frosches. Ansicht von vorn. *a* Zapfen, *b* hinten mit Pigment stark bedeckte Stäbchen. Die übrigen den Stäbchen angehörigen Figuren sind dunkel- bis hellgrau, je nach der Anhäufung des Pigmentes unter ihren Enden. *c* entspricht den *Schwalbe*'schen Stäbchen. *d* blassgelbe, diffus begrenzte Flecke, von der Farbe der Fettkugeln des Epithels durchschimmernd.

Fig. 4. Frisch isolirte Pigmentzellen der Froschretina. *a a* die farblosen in Galle löslichen Klümpchen. *b* Kern.

Fig. 5. Retina vom Dunkelfrosch bei schwächerer Vergrösserung von hinten gesehen; Einstellung auf die Zapfen *a*, in dunklem, aber ganz pigmentfreien Grunde.

Fig. 6. Retina von einem zwei Stunden besonnten Frosche. Vergrösserung wie in Fig. 5. Die gebleichten Stäbchen sind dicker, die Zapfen, wie es nach starker Belichtung und trotz Entfernung des Pigmentes häufig vorkommt, auch bei tiefer Einstellung nicht zu erkennen.

Zur Geschichte des Hämoglobins der Muskeln.

Das erhöhte Interesse, welches die Färbung der Muskeln seit den neuerdings bemerkten grossen physiologischen Unterschieden rother und weisser Muskeln erregt, macht es wünschenswerth, die aus einer Kette sonderbarer Missverständnisse entstandenen Zweifel an der von mir gefundenen Uebereinstimmung des Muskelfarbstoffes mit dem des Blutes zu beseitigen.

Hatten *Ranvier*'s und *E. Meyer*'s (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1875, S. 217) Mittheilungen über die Bewegungsweise des rothen M. semitendinosus und des weissen M. adductor magnus, oder des vastus int., noch Bedenken gelassen, so ist jetzt durch die Arbeit von *Kronecker* und *Stirling* (l. c. 1878, S. 1) festgestellt, dass der rothe Muskel bei geringerer Reizfrequenz in continuirlichen Tetanus übergeht, als der weisse, dass seine Zuckung dreimal länger dauert, langsamer ansteigt und abfällt, als die des weissen, und dass das Stadium der latenten Reizung des ersteren die des anderen um das 4fache übertrifft. *Ranvier's* Angabe, dass die Contraction des rothen Muskels sich derjenigen glatter Muskelfaserzellen annähere, ist damit sicher gestellt.

Ohne auf die Frage eingehen zu wollen, ob diese Unterschiede für sämmtliche roth oder nicht gefärbten Muskeln gelten, was *E. Meyer* bezweifelt, und ohne darauf eingehen zu können, ob die weiteren von *Ranvier* angeführten Unterschiede der Gefässversorgung, des Baues, des Reichthums und der Lage der Kerne, durchgreifend seien, was *E. Meyer* ebenfalls verneint, wünsche ich nur der Beschaffenheit des Farbstoffes Anerkennung zu verschaffen, und überlasse es anderen Untersuchungen, festzustellen, ob dieselbe für die Contractionsweise der gefärbten Muskeln belangreich sei.

Seit meiner Beobachtung der Beständigkeit der Farbenunterschiede in der Kaninchenmuskulatur, nach Entfernung des Blutes mittelst Injection sog. physiologischer NaCl-Lösung, und dem Nachweise, dass nur die im Leben rothen Muskeln hämoglobinhaltige Extracte liefern (*Virchow*'s Arch. 33, S. 79), gehen ausser manchen bestätigenden, einige widersprechende Angaben darüber durch die physiologische Literatur, die ihrer Beharrlichkeit wegen nicht mehr zu umgehen sind. *Brozeit* hatte (*Pflüger*'s Arch. III., S. 361) unter Berufung auf eine Untersuchung von *Prussak* eingewendet, dass die Ausspülung mit Salzwasser Auflösung der rothen Blutkörperchen und Uebergang des Hämoglobins aus den Gefässen in die Muskelsubstanz verursache. Da aber nur bestimmte, nicht alle Muskeln roth gefunden werden, sollten die Verblutungskrämpfe auf jenen Uebergang Einfluss haben und nur die daran

theilnehmenden Muskeln den Farbstoff aufnehmen. Ob jene Muskeln wirklich nur oder vorzugsweise von den Krämpfen befallen werden, wurde nicht untersucht.

Nach dieser Meinung wäre das rothe Fleisch im Leben weiss, und *Brozeit* zweifelt nicht, dass man es unter Vermeidung der Verblutungskrämpfe durch Curare und künstliche Athmung am blutfreien Kaninchen überall so finden werde. Ausserdem wendet *Brozeit* ein, dass *Gscheidlen* grössere Unterschiede im Hämoglobingehalte des Fleisches gefunden habe, als er mit der wechselnden Zusammensetzung lebender Muskelsubstanz vereinen könne. Einigermassen bestätigt endlich fand *Brozeit* seine Erwartungen, als es ihm nicht gelingen wollte, aus der Muskulatur eines nicht, wie er gewünscht hätte, mit Curare, sondern durch Aetherathmung beruhigten Kaninchens nach einer von ihm geübten Methode so viel Hämatin darzustellen, dass er es wägen konnte.

Ich habe diese Angaben bisher auf sich beruhen lassen, weil ich die Bekanntschaft mit der auch im Leben vorhandenen Verschiedenfarbigkeit des Fleisches einzelner Thiere zu den allergewöhnlichsten Kenntnissen zählte, und weil ich glaubte, dass der Anblick eines in der Curarelähmung nach längerer künstlicher Respiration verbluteten Kaninchens, den sich *Brozeit* versagte, in jedem Laboratorium zu häufig sei, um Jemanden bei dem Gedanken zu lassen, dass die constante Röthe ganz bestimmter, zum Theil mitten in weissem Fleische gelegener Muskeln irgend etwas mit Verblutungskrämpfen zu schaffen habe. Dass *Brozeit* den rothen Muskeln noch irgend einen andern Farbstoff zuschreibe, vermag ich um so weniger zu erkennen, als der Autor den postmortalen Uebergang des Hämoglobins aus den Gefässen in die Muskelsubstanz gerade aus der rothen Farbe folgert, und als er beiläufig gewiss bemerkte, was ebenfalls zu den verbreitetsten Erfahrungen gehört, dass die rothen Kaninchenmuskeln durch alle zur Extraction geeigneten Mittel vollkommen entfärbt werden, während im Extracte kein anderer Farbstoff, als das Hämoglobin enthalten ist. Wer rothes Fleisch gewaschen hat, weiss, wie es sich entfärbt und kennt aus der Untersuchung der Fleischflüssigkeit die nur vom Verhalten des Hämoglobins angezeigten Wege zur Entfärbung auch der letzteren. Dass das Fleisch mancher Thiere (Fische u. s. w.) noch von etwas Anderem gefärbt sein könne, braucht bei dieser Gelegenheit kaum gesagt zu werden, ebensowenig, dass manchen hämoglobinhaltigen Muskeln auch andersfarbiges Fett in kleinen Mengen zukomme; dass aber irgend ein anderer Stoff in beachtenswerther Menge, oder von identischem Aussehen mit dem des Fleisches, der sich nicht wie Hämoglobin verhielte, an der gemeinen Fleischfarbe betheiligt sei, wird Niemand behaupten dürfen.

Da *Brozeit*'s Erwägungen dennoch so viel Zustimmung, die mit Namen zu belegen ich gern vermeide, gefunden haben, wäre noch der Berufung auf *Prussak*'s Experimente über Diapedesis rother Blutkörperchen, unter dem Einflusse des NaCl, sowie des so ersehnten Versuches am curarisirten

Kaninchen, zu gedenken. So viel ich sehen kann, beziehen sich *Prussak*'s Angaben (Wien, Akad. Stzsb. 1867, I. S. 12) nur auf überreichliche Mengen starker Lösungen, oder des festen Salzes; der daraus abgeleitete Einwand gegen den Gebrauch der nur $^{1}/_{2}$—$^{3}/_{4}$ pCt. NaCl enthaltenden physiologischen Salzlösung ist also kaum ernsthaft zu nehmen. Ich habe indess auch Kaninchen damit ausgespritzt, deren Muskeln sämmtlich durch Strychnin in Tetanus versetzt waren, und in andern Fällen nach Vergiftung mit Curare, während der Injection, die Muskeln einer hinteren Extremität so lange mit Inductionsschlägen tetanisirt, als sie reagirten, und, wie zu erwarten, nicht gefunden, dass die weissen Muskeln darnach farbig, die rothen röther, oder reicher an Hämoglobin geworden wären. Endlich muss denn wohl noch ausdrücklich hinzugefügt werden, dass sich die Muskulatur eines mit Curare vergifteten, künstlich athmenden Kaninchens nach der Salzspülung gar nicht unterschied von derjenigen eines ohne Lähmung verbluteten und ausgespülten, und dass die wässrigen Extracte der rothen und weissen Muskeln in beiden Fällen dieselben Unterschiede zeigten.

Um den Hämoglobingehalt des Fleisches festzustellen, ist es übrigens nicht einmal nöthig, das Blut vollkommener aus den Gefässen zu entfernen, als es beim Verbluten und Ausschneiden der Muskeln geschieht; man kann die Salzwasserinjection ganz unterlassen und damit alle Einwände, zu denen Jemand noch Musse fände, umgehen. Man halte zwei beliebige rothe und weisse Muskeln eines wie immer geschlachteten Kaninchens übereinander in's objective Spectrum und man wird nur an dem ersteren die Verdunklung zwischen *D* und *E* finden, die dem Blute eigenthümlich ist, in günstigen Fällen sogar die beiden Streifen des O-Hämoglobin. Besser und von schlagender Deutlichkeit erzielt man die gewohnten Absorptionsbänder, wenn man ein Spectroskop im verdunkelten Zimmer auf das Präparat richtet und ein Bündel intensiver Sonnenstrahlen unter geeignetem Winkel darauf fallen lässt. Man kann auch die Muskeln fein zerschneiden, oberflächlich abspülen und abpressen, auf eine mattschwarze Fläche ausbreiten, das Strahlenbündel darauf richten, und mit Hülfe einer Linse ein reelles verkleinertes Bild davon vor dem Spalt des Spectralapparates entwerfen, worauf man das Hämoglobin-Spectrum so sieht, als ob eine Lösung des Blutfarbstoffs davor stände. Alles dies trifft nur bei den rothen, nicht bei den farblosen Muskeln zu, obwohl man in den Gefässen beider noch Blutkörperchen finden kann. Die Methode hat eben den Vortheil, Licht auf einmal zur Untersuchung zu bringen, das von einer grösseren Oberfläche aus sehr geringer Tiefe reflectirt worden, und kaum beeinflusst werden kann durch die wenigen sehr zerstreut und grösstentheils zu tief liegenden Körperchen des Blutes. Spannt man flache Muskeln vor dem Spalte des Apparates aus, so hat man dieselben bekanntlich sehr zu berücksichtigen, weil immer nur ein schmaler Muskelstreif als Absorbent wirkt, bei dem eine mitlaufende bluthaltige Capillare von grossem Einflusse ist. Da *Ranvier* in den rothen Muskeln kleine Capillaraneurismen bemerkte und der Gefässreichthum in diesen Muskeln

überhaupt grösser sein könnte, so dass darin mehr Blut und mehr Bluthämoglobin zurückbliebe, so ist auf das schöne Spectrum der zerhackten und mit dünner Salzlösung leicht abgespülten Muskeln, die ohne Frage ärmer an Blutkörperchen sind, als die nicht gewaschenen weissen, welche gleichwohl gar keine Absorptionserscheinungen geben, besonderes Gewicht zu legen, und zu erwarten, dass es fernere Versuche, den Hämoglobingehalt der Muskeln für ein Kunstproduct auszugeben, verhüte.

W. K.

Literatur

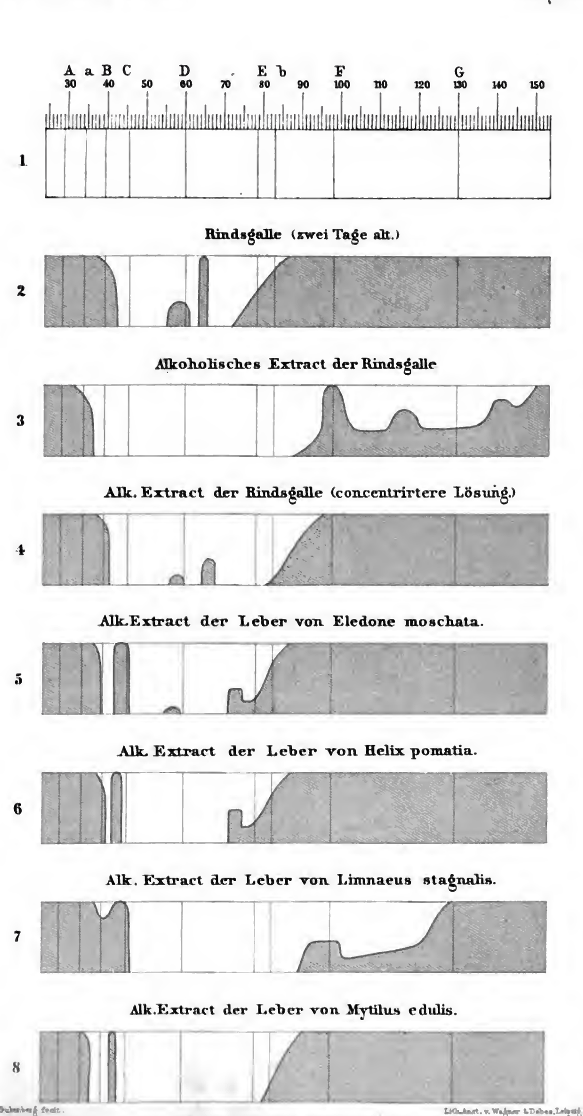
zu Herrn Holmgren's Mittheilung S. 81.

F. Holmgren: Om Synpurpurn och retinaströmmen. Ups. Läk. Förh. XIII. Heft 8.

Derselbe: über Opticusdurchschneidung, l. c. XI. S. 231.

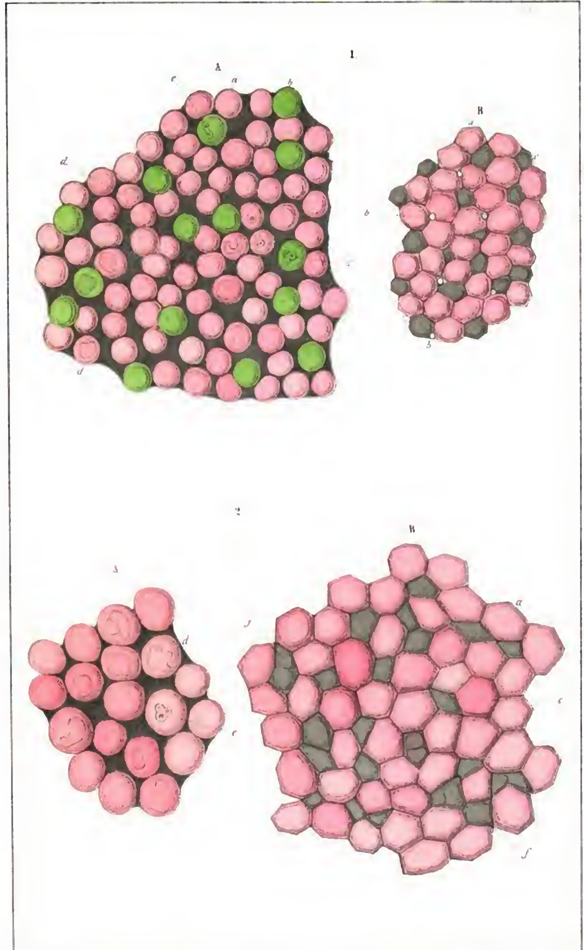
Derselbe: über Irisbewegungen, l. c. XI. S. 476.

J. G. Edgren: über Irisbewegung, l. c. XI. S. 185.

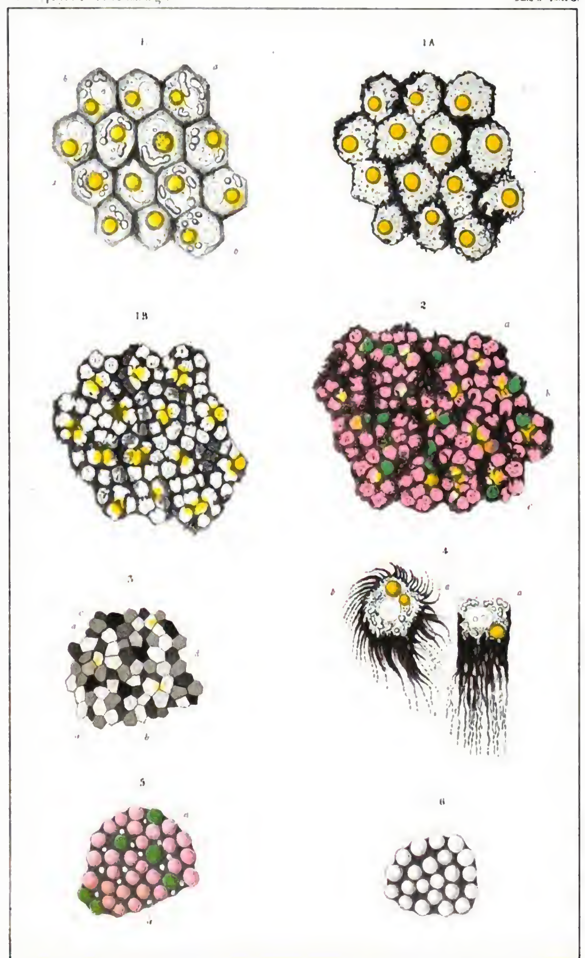


Carl Winter's Universitätsbuchhandlung, Heidelberg.

Digitized by Google



Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg



Kühne fec.

Lith. Anst. v. E. A. Funke Leipzig

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

Digitized by Google

The Journal of Physiology

edited

with the Co-Operation in England of

Prof. **A. Gamgee,** F.R.S., of Manchester; Prof. **W. Rutherford,** F.R.S., of Edinburgh; Prof. **J. B. Sanderson,** F.R.S., of London;

and in America of

Prof. **H. P. Bowditch,** of Boston; Prof. **H. N. Martin,** of Baltimore; Prof. **H. C. Wood,** of Philadelphia,

by

Dr Michael Foster, F.R.S.

of Trinity College, Cambridge.

Published by Macmillan and Co.

London and Cambridge:

and 22, Bond Street, **New York.**

Vol. I. N° 1. Contents. *Priestley, J.* An Account of the Anatomy and Physiology of Batrachian Lymph-Hearts (mainly Bibliographical). — *Priestley, J.* Contributions to the Physiology of Batrachian Lymph-Hearts. (Pl. I.). — *Gamgee, A.*, and *J. Priestley.* Concerning the Effects on the Heart of Alternate Stimulation of the Vagi. — *Trotter, Coutts.* Note on 'Fechner's Law'. — *Stirling, W.* On Hyperplasia of the Muscular Tissue of the Lungs. (Pl. II.). — *Langley, J. N.* Some Remarks on the Formation of Ferment in the Sub-maxillary Gland of the Rabbit. — *Ringer, Sidney,* and *W. Murrell.* Concerning the Effects on Frogs of Arrest of the Circulation, and an Explanation of the Action of Potash Salts on the Animal Body. — *Langley, J. N.* On the Physiology of the Salivary Secretion. — *Bowditch, H. P.* Does the Apex of the Heart contract automatically? — *Gaskell, W. H.* Preliminary Note of further Investigations upon the Vaso-motor Nerves of Striated Muscle. — List of Titles of Books and Papers of Physiological Interest, published since Dec. 31st, 1877.

Vol. I. N°° 2 and 3. Contents. *Kühne, W.* On the Stable Colours of the Retina. — *Martin, H. Newell.* The Normal Respiratory Movements of the Frog, and the Influence upon its Respiratory Centre of Stimulation of the Optic Lobes. — *North, W.* An Account of two Experiments illustrating the Effects of Starvation, with and without severe Labour, on the Elimination of Urea from the Body. — *Kühne, W.* Addition to the Article 'On the Stable Colours of the Retina'. — *Ott, Isaac,* and *G. B. Wood Field.* Sweat Centres: the Effect of Muscarin and Atropin on them. — *Burdon-Sanderson, J.* A Report on Prof. L. Hermann's Recent Researches on the Electromotive Properties of Muscle. — List of Titles of Books and Papers of Physiological Interest, published since the Appearance of No. 1.

The Journal of Physiology is published in numbers which will appear not at rigidly fixed times but at intervals, varying from two to three months, determined by the supply of material. From four to six numbers will form a volume of about 500 pages.

The subscription-price for the volume, *post free,* will be, when paid *in advance:* for Great Britain and America £ 1. 1*s.* or $ 5,25 (gold), Germany 23 marks, France and Italy 28.50 francs.

Subscriptions may be paid to Messrs *Macmillan,* Bedford Street, Strand, London; Trinity Street, Cambridge, England; and 22, Bond Street, New York.

Editorial communications should be addressed to Dr *M. Foster,* New Museums, Cambridge, England.

Each contributor will receive 50 extra copies of his paper. Copies beyond this can be obtained, if paid for *in advance,* from the University Press, Cambridge.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

BAND II. HEFT 2.

6. ERGÄNZUNGSHEFT ZU DEN VERHANDLUNGEN DES NATURHISTORISCH-MEDICINISCHEN VEREINS ZU HEIDELBERG.

INHALT.

ZUR HISTOLOGIE DER NERVENFASER UND DES AXENCYLINDERS von Dr. TH. RUMPF. 137. — ZUR HISTOLOGIE DER MOTORISCHEN NERVENENDIGUNG von W. KÜHNE. 187. — ÜBER REGENERATION DES SEHPURPURS BEIM SÄUGETHIERE von W. C. AYRES und W. KÜHNE. 215. — ÜBER DIE ENTOPTISCHE WAHRNEHMUNG DER MACULA LUTEA UND DES SEHPURPURS von Dr. AUGUST EWALD. 241. — NOTIZ ÜBER DIE WIRKUNG DES SILBERNITRATS AUF DIE NERVENFASER von L. v. MOROCHOWETZ. 249. — ZUR ABWEHR EINIGER IRRTHÜMER ÜBER DAS VERHALTEN DES SEHPURPURS (von W. KÜHNE). 254. — NOTIZ ÜBER DIE NETZHAUT DER EULE (von W. KÜHNE). 257.

MIT HOLZSCHNITTEN UND 2 LITH. TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1878.

Diese Untersuchungen erscheinen in zwanglosen, auch einzeln käuflichen Heften, deren vier einen Band bilden.

Erschienen sind bereits:

Band I. Heft 1. Inhalt: Zur Photochemie der Netzhaut (2. Abdruck) von W. Kühne. — Über den Sehpurpur von W. Kühne. — Mit 1 Tafel. gr. 8°. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heft 2. Über die Verbreitung des Sehpurpurs im menschlichen Auge von W. Kühne. — Weitere Beobachtungen über den Sehpurpur des Menschen von W. Kühne. — Zur Chemie der Altersveränderungen der Linse von Dr. med. M. Knies. — Das Sehen ohne Sehpurpur von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur von A. Ewald und W. Kühne. — Kurze Anleitung zur Verwendung der Verdauung in der Gewebsanalyse von W. Kühne. — Mit 4 Holzschnitten. gr. 8°. brosch. 4 M.

Heft 3. Ueber die Darstellung von Optogrammen im Froschauge von W. Kühne. — Eine Beobachtung über das Leuchten der Insectenaugen von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur. (Fortsetzung von Heft 2.) Von A. Ewald und W. Kühne. — Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente von W. Kühne. — gr. 8°. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heft 4. Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen von C. Fr. W. Krukenberg. — Ueber lichtbeständige Farben der Netzhaut von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur (Schluss) von A. Ewald und W. Kühne. — Bemerkungen über den Nachweis von Enzymen in der Unterkieferdrüse des Kaninchens von J. N. Langley. — Zur Physiologie der Speichelabsonderung von J. N. Langley. — Mit 6 Tafeln. gr. 8°. brosch. 8 M. 80 Pf.

Band II. Heft 1. Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge von C. Fr. W. Krukenberg. — Beobachtungen über Druckblindheit von W. Kühne. — Ueber die Stäbchenfarbe der Cephalopoden von C. Fr. W. Krukenberg. — Erwiderung auf einen Angriff des Herrn Hoppe-Seyler von W. Kühne. — Beobachtungen an der frischen Netzhaut des Menschen von W. Kühne. — Über Sehpurpur und Retinaströme von Frithiof Holmgren. — Fortgesetzte Untersuchungen über die Retina und die Pigmente des Auges von W. Kühne. — Mit 3 Tafeln. gr. 8°. brosch. 7 M.

Die Tafeln 2—6 folgen in einem der nächsten Hefte, das die zugehörigen Abhandlungen enthalten wird.

Heidelberg.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung.

Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders.

Von

Dr. **Th. Rumpf,**

Assistenzarzt der electro-therapeut. Station in Heidelberg.

Durch die methodische Verwendung der Verdauung zu histologischen Zwecken durch *Ewald* und *Kühne*[1]), hauptsächlich auf Grund des von *Kühne* aus dem Pankreas dargestellten Enzyms, des Trypsins, sind unsere Kenntnisse der nervösen Gewebe um mehrere unerwartete und äusserst wichtige Resultate bereichert worden.

Zunächst befestigten diese Untersuchungen wieder die Annahme, dass die Hülle der Nervenprimitivfaser dem Bindegewebe zugehört, während innerhalb derselben noch ein weiteres epitheliales Scheidensystem nachgewiesen wurde. Die genauere Erkenntniss dieses letzteren gab zugleich in Betreff des Nervenmarkes und seiner Hüllen wichtige Aufklärungen, und es ist diese letztere Thatsache um so erfreulicher, als erst mit der genaueren Einsicht in die bis jetzt vielfach so unklaren Markhüllen erwartet werden konnte, dass der wichtigste Theil der Faser, der Axencylinder der Untersuchung leichter zugänglich sein werde, als dieses seither der Fall gewesen.

---

1) *Ewald* und *Kühne:* Ueber einen neuen Bestandtheil des Nervensystems; Verhandlung. des naturhistor.-medicin. Vereins zu Heidelberg. Neue Folge, Bd. I, Hft. 5.

Diesen wichtigen Errungenschaften durch die Verdauungsmethoden waren schon vorher einige auf anderem Wege erhaltenen Resultate vorausgegangen, die ebenfalls unsere Kenntniss des Markes und seiner Struktur wesentlich förderten.

So beschrieben *Schmidt*[1]) und *Lantermann*[2]) Einkerbungen der Markhülle, die von Strecke zu Strecke als eine Art Einschnitte schief zur Faseraxe verlaufen.

Lantermann glaubt auf Grund seiner durch Osmiumbehandlung gewonnenen Präparate die Nervenfaser aus einzelnen Abtheilungen zusammengesetzt, die in der Art mit einander verbunden seien, dass das stumpfkegelförmig zulaufende Ende der einen Abtheilung in eine entsprechende Aushöhlung der folgenden oder vorausgehenden passe, ohne dass diese Anordnung jedoch stets regelmässig oder in gleicher Weise statthabe. Bestätigt und weiter ausgeführt wurden diese Angaben *Lantermann*'s von *Kuhnt*[3]), der ausserdem die Meinung vertritt, dass auch an diesen Einkerbungen eine stärkere Diffussion in das Innere der Faser möglich sei, indem es ihm gelang, vermittelst der Argentum-nitricum-Lösung Fasern zur Beobachtung zu bringen, deren Axencylinder nicht allein an Stelle der Schnürringe *Ranvier*'s, welche dieser hauptsächlich für Diffussion und Stoffumtausch in Anspruch nimmt, sondern auch an Stellen, welche den in Rede stehenden Einschachtelungen des Markes entsprachen, stärker braun gefärbt waren.

Auch *Key* und *Retzius* haben diese Einkerbungen der Markscheide vor Augen gehabt, und geben in ihrem grossen Werke Abbildungen davon. Doch halten sie dieselben für Kunstproducte, ebenso *Hennig*[4]), der sie als Folge einer vorhandenen Neigung des Markes zur Spaltbarkeit betrachtet. Erwähnen muss ich noch, dass

---

[1]) *Monthly*, mikroskop. Journ. 1876.
[2]) Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. XIII.
[3]) Archiv für mikroskop. Anatomie, Bd. XIII.
[4]) Die Einschnürung. u. Unterbrech. d. Markscheide. Diss. Königsbg., 77.

Lantermann ausserdem aus seinen Osmiumpräparaten den Schluss zog, dass das Nervenmark aus stäbchenförmigen Elementen aufgebaut sei, die geneigt in radiärer Richtung vom Axencylinder zum Neurilemm verlaufen sollten. Dieselbe Stäbchenstructur des Markes wurde von *Mc'. Carthy*[1]) beschrieben. Doch schlossen sich weder *Kuhnt* noch *Key* und *Retzius*[2]) dieser Ansicht an; auch sie erhielten ähnliche Bilder, wie *Lantermann*, konnten sich aber von der Præexistenz dieser Stäbchen nicht überzeugen. *Kuhnt* führt aus, dass der optische Querschnitt der Stäbchen je nach der Anwendungsweise und Concentration der Osmiumsäure bald grösser, bald kleiner sei und glaubt, dass es sich nur um eine Färbung von postmortal entstehenden mehr oder weniger grossen Fettkügelchen handle.

Als einen weiteren Fortschritt in der Erkenntniss der sogenannten Markhüllen müssen wir ferner den bestimmten Nachweis einer Axencylinderscheide durch *Kuhnt* bezeichnen. Allerdings war schon *Remak* auf der Naturforscherversammlung zu Wiesbaden, als er seine Angaben über den Axencylinder, sein Primitivband, erweiterte, für die Existenz einer früher nur geahnten Scheide des Axencylinders eingetreten. *Hannover*[3]), *Mauthner*[4]), *Frommann*[5]) traten ebenfalls für dieses Gebilde auf.

Entscheidende Beweise für die Existenz der Scheide des Axencylinders brachte erst *Kuhnt* bei, indem es ihm gelang, durch Maceration von frischen Fasern in Salpetersäure Axencylinder darzustellen, an denen die Bruchenden sich dadurch auszeichneten, dass eine Membran um den herausragenden Axencylinder gefaltet

---

[1]) *Quarterly.* Journ. mikr. Sc. 1875.

[2]) Studien in der Anatomie d. Nervensystems u. d. Bindegewebes.

[3]) Recherches mikroskop. sur le système nerveux. Copenhague.

[4]) Beiträge zur näheren Kenntniss d. morphol. Elemente d. Nervensystems. Wien 1862.

[5]) Zur Silberfärbung des Axencylinders, Archiv für patholog. Anatom. und Physiol., Bd. XXXI.

war. In einer spätern Mittheilung erweiterte er dann seine Angaben über die Scheide des Axencylinders dahin, dass von ihr ausgehend und mit ihr verwachsen eine Membran zur *Schwann*'schen Scheide ziehe, die als Scheidewand zwischen je zwei Hohlcylindern des Markes ausgespannt sei.

Ob diese Zwischenmarkscheide *Kuhnt*'s die ganze Peripherie der Faser umfasst, geht aus der Mittheilung nicht deutlich hervor. Doch scheint die Ansicht, dass sie als Scheidewand der angeblich kegelförmig ineinander passenden Hohlcylinder des Markes ausgespannt sei, für die Anschauung einer vollständig um die ganze Peripherie gehenden trennenden Membran zu sprechen.

Die Einkerbungen der Markscheide wurden, wenn auch keineswegs in dem von *Kuhnt* beschriebenen Detail von *Boll*[1]) bestätigt, dem zur Zeit seiner erst vor Kurzem erschienenen Arbeit nur die *Schmidt*'schen Untersuchungen und die vorläufige Mittheilung *Lantermann*'s, sowie die ersten Ausführungen von *Key* und *Retzius* vorlagen. *Boll* hält die Einkerbungen der Markscheide, wie *Schmidt* und *Lantermann* für wirklich vorhandene Gebilde und nicht für Kunstproducte. Aber es kann sich nach seiner Schilderung hier nicht um vollständig um die Peripherie gehende membranöse Unterbrechungen der Markscheide handeln, da es ihm gelang, an Nervenfasern, welche in destillirtem Wasser zerzupft waren, Strömungen des Nervenmarks zu beobachten, das in zähflüssiger „schaumiger" Masse sich innerhalb der Scheiden ergoss, nirgends einen beträchtlichen Widerstand antraf, ja selbst an dem *Ranvier*'schen Schnürring kein wesentliches Hinderniss fand, sondern sich wie eine flüssige Masse vor dem Ring aufstaute, dann aber in beschleunigtem Fluss durch das verengte Strombett desselben hindurchgetrieben wurde.

---

[1]) Ueber Zersetzungsbilder der markhalt. Nervenfaser, Arch. f. Anatom. u. Physiol., 1877.

Leider hat *Boll* die theilweise länger als Jahresfrist früher erschienenen Arbeiten von *Kuhnt*, *Ewald* und *Kühne*, *Key* und *Retzius* nicht mehr berücksichtigt. Nothwendiger Weise folgen hieraus einige Irrthümer, welche sich bei Berücksichtigung der früheren Arbeiten hätten vermeiden lassen. Auf einige Einzelheiten in dieser Beziehung werde ich später noch zurückkommen müssen. Zu erwähnen bleibt mir hier nur noch, dass *Boll* wesentlich aus theoretischen Betrachtungen auf das Vorhandensein der schon früher nachgewiesenen Axencylinderscheide schliesst.

Eine allerdings wesentlich auf eigene Beobachtungen gestützte Zusammenstellung unserer Kenntnisse über die Nervenfaser bringt *Ranvier* in seinen „Leçons sur l'hystologie du système nerveux". Bis auf die *Ewald-Kühne*'sche Mittheilung über die Hornscheiden sind die hauptsächlichen neueren Arbeiten berücksichtigt. Bei der Menge des Stoffes ist es natürlich nicht möglich, an dieser Stelle ein Referat über jenes Buch zu geben; auf einzelne Angaben werde ich jedoch später zurückkommen müssen. Ausführliche Berücksichtigung haben die Markhüllen gefunden, wobei *Ranvier* Bilder erhielt, welche mit denen von *Schmidt*, *Lantermann*, *Kuhnt* theilweise übereinstimmen.

Allen diesen Bildern, die sich bei der Untersuchung der Structurverhältnisse des Marks auf verschiedenem Wege ergaben, lagen wohl zum grossen Theil einzelne Abschnitte der erst durch *Ewald* und *Kühne* in ihrem ganzen Zusammenhang nachgewiesenen Scheiden zu Grunde.

Den beiden Forschern gelang es nämlich, durch eine Reihe neuer Untersuchungsmethoden innerhalb der *Schwann*'schen Scheide ein neues Scheidensystem nachzuweisen, das aus zwei ineinander gesteckten Röhren besteht, von welchen die äussere das Mark gegen die *Schwann*'sche Scheide abschliesst, während die innere den Axencylinder umhüllt. Zwischen diesen beiden Scheiden, innerhalb deren sonach das eigentliche Mark gelagert ist, waren

noch aus demselben Material bestehende Verbindungsglieder ausgespannt, die, wie sich an Querschnitten von peripheren Nerven und den weissen Strängen des Rückenmarkes nachweisen liess, von Strecke zu Strecke als eine Anzahl Balken von der innern zur äussern Scheide zogen. In ihrem chemischen Verhalten zeigten diese Scheiden bei der Untersuchung vermittelst der Verdauungsmethoden eine grosse Aehnlichkeit mit verhornten Epithelien und Hornsubstanz überhaupt, wesshalb *Ewald* und *Kühne* die bei der Verdauung übrigbleibenden scheidenartigen Gerüste als Hornscheiden bezeichneten.

Wie ich schon oben angeführt habe, war diese Einsicht in die Structur des Markes für die Untersuchung des Axencylinders von grosser Bedeutung. Speziell musste durch den sichern Nachweis und die jetzt wesentlich erleichterte Unterscheidung der Axencylinderscheide der Axencylinder sicherer differenzirt werden können, als es bisher möglich war, und es schien auf Grund dieser Ergebnisse die Frage nicht ungerechtfertigt, ob alle die verschiedenen, als Axencylinder beschriebenen Gebilde, die sich nicht nur durch ihre Structur, sondern auch durch ihren Breitendurchmesser im Verhältniss zu den übrigen Theilen der Faser ganz wesentlich unterscheiden, in Wirklichkeit als gleichwerthige Gebilde, als der unter der Einwirkung von Reagentien nur mehr oder weniger veränderte Axencylinder betrachtet werden können.

Es fiel diese Frage zum Theil zusammen mit dem Studium der chemischen Beschaffenheit des Axencylinders, über deren Bedeutung für unsere Kenntnisse der Function der Nervenfaser ich wohl nichts hinzuzufügen brauche.

Dass der eigentlichen Untersuchung des Axencylinders Vorarbeiten über das Mark und sein Verhältniss zum Axèncylinder vorausgehen mussten, ist selbstverständlich.

Ich kann mich in der Wiedergabe dieser Untersuchungen kurz fassen, da Ausführliches darüber von *Ewald* und *Kühne*

demnächst erscheint, und werde daher auf jene Darstellungsmethoden der Scheiden nur so weit eingehen, als es für die spätere Untersuchung des Axencylinders nothwendig ist.

Dagegen kann ich einige andere Methoden zum Studium der Nervenfaser mit Inbegriff des Markes nicht ganz übergehen, da dieselben für die Untersuchung des Axencylinders ebenfalls in Betracht kommen.

Ich werde daher erst in einem weiteren Theil zum Studium dieses Letzteren selbst übergehen.

Der Nachtheil, dass einzelne Wiederholungen durch diese Trennung nicht immer umgangen werden können, dürfte dadurch aufgewogen werden, dass wir mit Rücksicht auf das Vorhergehende im zweiten Theil die Scheiden mehr unbeachtet lassen können, und so für die Untersuchungsmethoden des Axencylinders eine gewisse Uebersicht gewinnen.

Vorausschicken muss ich noch, dass im Folgenden hauptsächlich der periphere markhaltige Nerv berücksichtigt wurde, wenn auch eine vergleichsweise Heranziehung der weissen Stränge des Rückenmarks hie und da nothwendig war.

Benutzt wurde zum Studium meistens der Nervus ischiadicus von Rana esculenta. Doch wurden auch Nerven vom Kaninchen, Ochsen und Menschen zum Vergleich herangezogen, was an den betreffenden Stellen erwähnt wird.

Zur Untersuchung der weissen Stränge diente das Rückenmark vom Ochsen und Menschen.

Die Scheiden des Markes.

Auf die Behandlung der Nervenfasern mit Alkohol und Aether brauche ich nur insoweit einzugehen, als es zur Sichtbarmachung des Axencylinders in den Scheiden für spätere Untersuchungen und zum Vergleich mit den Resultaten anderer später folgender Methoden nothwendig ist.

image
not
available

halten. Es widersteht dieser der Verdauung mit Pepsin und Trypsin in gleicher Weise, wie verhornte Epithelien und Hornsubstanz.

Da *Ewald* und *Kühne* diese Frage noch ausführlich behandeln, so kann ich davon abstehen, zu untersuchen, in wie weit die durch Alkohol und Aether oder durch einige andere Methoden sichtbar werdenden Scheiden ausschliesslich dem Horngewebe angehören. Selbstverständlich können wir den Namen Hornscheiden in seiner eigentlichen Bedeutung nur dem der Verdauung widerstehenden Reste der Scheiden geben. Mit den wirklichen Hornscheiden sind die durch Alkohol und Aether sichtbar gemachten somit in keiner Weise identisch; sie führen neben dem Horngerüst noch verdauliche Eiweissstoffe. Zur deutlichen Bezeichnung wird sich desshalb für die durch Alkohol und Aether, oder durch andere Methoden ohne Verdauung dargestellten Scheiden der Ausdruck Horn führende Scheiden empfehlen. Es kann nicht meine Absicht sein, näher auf diesen Punkt einzugehen. Um irrthümliche Auffassungen zu vermeiden, glaubte ich jedoch die letztere Thatsache hervorheben zu müssen.

Das Wesentlichste für unsere Untersuchungen dürfte Das sein, dass sich durch diese Methode der Entmarkung der Axencylinder in engem Zusammenhang mit seiner Scheide im Innern der Faser nachweisen lässt.

Diesen und den andern Darstellungsmethoden der Horn führenden Scheiden von *Ewald* und *Kühne* durch Galle etc., kann ich zwei weitere hinzufügen. Die eine davon besteht in der Entfernung der Fette des Markes durch **Chloroform,** das schon *Tizzoni*[1]) in einer vorläufigen Mittheilung empfohlen, ohne allerdings die genaueren Details seiner Methode anzugeben.

Verschiedene Versuche, die ich mit dem Reagens anstellte,

---

[1]) Centralbl. für die med. Wissenschaft 1878, Nr. 13. *Tizzoni* glaubt, irrthümlicher Weise durch Chloroform die Hornscheiden darzustellen. Aus

lehrten Folgendes: Bei der Chloroformbehandlung der Nerven in Zimmertemperatur gelingt es nicht, die Scheiden leer darzustellen. Der zurückbleibende, als krümliche Masse in den Scheiden sich darbietende Körper ist jedenfalls das in kaltem Chloroform unlösliche Cerebrin. Da sich jedoch bei höherer Temperatur auch dieses löst, so war hiermit ein neues Mittel zur Darstellung der Scheiden gegeben. Die grosse, bis jetzt noch nicht erwähnte Schwierigkeit bei der Behandlung der Nerven mit Chloroform war nur die, dass dieses nur wenig Wasser aufnimmt und so nur sehr langsam in den Nerven eindringt. Man kann dieses Eindringen erleichtern, indem man die Fasern zuvor kurze Zeit durch Alkohol entwässert. Doch war es ja wünschenswerth, bei der Behandlung mit Chloroform die Wirkung des Alkohols vollständig auszuschliessen. Es geschah Dieses dadurch, dass gut zerzupfte Nerven zunächst einen Tag in kaltem Chloroform verblieben, das in Folge der Wasseraufnahme ein milchiges Aussehen annahm. Sodann wurden die Nerven in frischem Chloroform in eine Glasröhre eingeschmolzen und darin im Wasserbade erhitzt. Ein 20—30 minutenlanges Verweilen in dem siedenden Wasser genügte zur Entmarkung vollständig. Nach der Abkühlung verblieb der Nerv noch 24 Stunden im Chloroform und wurde dann zum Auswaschen desselben in Wasser gelegt. Rascher erfolgte das Auswaschen durch Alkohol. Doch wurde aus dem schon angeführten Grund meist nur Wasser verwendet, wozu allerdings dann meist ein Tag nothwendig war.

Die Untersuchung der gleichfalls mit Hämatoxylin gefärbten Fasern ergab nun: Innerhalb der *Schwann*'schen Scheide zeigt sich dieselbe maschige Scheide, wie sie sich bei der Behandlung mit

---

dem oben Gesagten geht wohl zur Genüge hervor, dass wir die nur durch Chloroform sichtbar werdenden Scheiden eben so wenig als Hornscheiden auffassen dürfen, wie die nach der Alkohol-Aetherbehandlung hervortretenden und sicher schon lange vor den neueren, der Verdauungsmethode zu dankenden Aufschlüssen vielfach gesehenen Bildungen.

Alkohol und Aether dargeboten hatte. Wesentlich verschieden aber ist das Bild im Innern der Faser. Hier sieht man nicht den einen blaugefärbten centralen Faden, wie er sich nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether darbietet und den Axencylinder sammt seiner Scheide umfasst, sondern zwei Gebilde sind deutlich zu unterscheiden. In spiralförmigen Windungen verläuft ziemlich im Centrum der Faser ein blaugefärbtes gekörntes Gebilde, das durch einen deutlichen Zwischenraum getrennt, beiderseits von einem feinen Contour umhüllt wird, der in geringem Grade gefärbt, den Biegungen und Krümmungen des Axencylinders nicht folgt, hie und da einzelne Verbindungsbalken zur äusseren Scheide erblicken lässt und jedenfalls die Axencylinderscheide ist. Es resultirt aus dieser Behandlung zwischen dem Axencylinder und seiner Scheide ein periaxialer Raum, etwa wie ihn *Klebs* schon vor längerer Zeit als normales Gebilde in Anspruch genommen hat.

Wir haben also in dem Chloroform ein Mittel, ohne Aether- und namentlich ohne Alkoholbehandlung die beiden das Mark umhüllenden Scheiden sammt ihren Verbindungsstücken vollständig darzustellen. Durch nachfolgende Verdauung lassen sich dann aus diesen Horn führenden Scheiden die eigentlichen Hornscheiden leicht darstellen.

Dasselbe ist auch bei der zweiten Methode der Fall, bei der Darstellung der Markscheiden durch destillirtes Wasser.

Doch wird es zuvor nöthig sein, auf einige Einwirkungen des Wassers und ähnlicher Reagentien näher einzugehen.

Schon seit Langem ist es bekannt, dass unter dem Einfluss von Wasser in der frischen, direct aus dem Frosch entnommenen und gut zerzupften Nervenfaser Veränderungen eintreten, die sich im Wesentlichen dadurch charakterisiren, dass ein Theil des Inhaltes der Faser und zwar, wie sich deutlich verfolgen lässt, das Nervenmark nach dem Schnittende strömt, austritt und hier, mehr oder weniger verändert, zu grossen Klumpen zusam-

mengeballt, anklebt oder auch von der Faser losgerissen in der Präparatflüssigkeit umhertreibt.

Wie schon oben erwähnt, hat *Boll* diesen Veränderungen der Nervenfaser eine grössere Aufmerksamkeit zugewendet. Er verfolgte dieselben unter der Einwirkung von destillirtem Wasser, in welchem auch die Strömungserscheinungen im Innern der Faser sich deutlicher übersehen lassen.

Boll glaubt, dass das Nervenmark sich unter der Einwirkung von destillirtem Wasser in eine quellende, schäumende Masse verwandelt, die innerhalb der *Schwann*'schen Scheide eingeschlossen und am Austreten gehindert, nach dem freien Ende der Faser einen Ausweg suche. Als wesentlich muss ich aus den *Boll*'schen Untersuchungen hervorheben, dass auch der *Ranvier*'sche Ring für dieses strömende Mark kein Hinderniss war. Es fand allerdings an dem Schnürringe eine Stauung statt, wie sie bei dem verengten Strombett zu erwarten war; aber das Hindurchströmen des Markes erfolgte im Uebrigen ungestört. Auch ein sonstiges Hinderniss im Verlaufe der Faser erwähnt *Boll* nicht.

Dieselben Strömungserscheinungen des Markes schildert *Ranvier* in seiner neuesten Arbeit. Er benutzte jedoch zur Hervorrufung derselben gewöhnliches Wasser. Indessen stimmen die Angaben von *Boll* und *Ranvier* insofern nicht überein, als der Letztere ein Hindurchströmen des Nervenmarkes durch die Einschnürung nicht beobachtete. *Ranvier* gibt an, dass an der Einschnürung das strömende Nervenmark ein Hinderniss findet und bei intacter *Schwann*'scher Scheide diese ausdehne, aber nicht aus der Faser austrete.

Auch *Boll* lässt die *Schwann*'sche Scheide das Nervenmark direct umhüllen.

Gerade dieser Umstand, dass sowohl *Boll* als *Ranvier* in Unkenntniss mit der das Mark nach aussen gegen die *Schwann*'sche Scheide abschliessenden äusseren Hülle glauben, dass das

Nervenmark direct durch die *Schwann*'sche Scheide am Austreten verhindert sei, musste ein Wiederaufnehmen dieser Versuche auf Grund der neu entdeckten Umhüllungen wünschenswerth machen. Ausserdem aber kam die zwischen *Boll* und *Ranvier* bestehende Differenz über die Durchgängigkeit der *Ranvier*'schen Schnürringe in Betracht, welche der Entdecker derselben in Uebereinstimmung mit seiner Ansicht von einer engeren Verbindung des Axencylinders mit der *Schwann*'schen Scheide an dieser Stelle für ein Strömungshinderniss hält, und ferner musste sich daran die Frage anschliessen, ob diese Strömungserscheinungen nicht durch die in neuerer Zeit von den verschiedensten Forschern beschriebenen Unterbrechungen der Markscheide innerhalb zweier *Ranvier*'schen Schnürringe irgendwie beeinflusst würden. Was die Stellung der hornführenden Scheiden zu diesen Strömungserscheinungen betrifft, so brauche ich wohl kaum zu erwähnen, dass dieselben innerhalb der äusseren und inneren Scheide sich vollziehen müssen.

Demgemäss war nach unseren Untersuchungen an dem *Ranvier*'schen Schnürring auch kein vollständiges Hinderniss für den Durchgang des Markes zu erwarten.

Die äussere hornführende Scheide geht nach sämmtlichen Untersuchungen ununterbrochen durch die Schnürringe hindurch und erleidet nur entsprechend der Einknickung der *Schwann*'schen Scheide ebenfalls eine Einknickung. Somit entsteht auch an dieser eine Einschnürung, während die Axencylinderscheide unverändert durch den Ring hindurchgeht. Durch diesen Ring resultirt allerdings eine Verengerung des Strombettes; indessen habe ich nie ein Präparat gesehen, an welchem eine vollständige Unterbrechung desselben, eine Einschnürung der äusseren Scheide bis auf die innere oder ein um die ganze Peripherie der Faser gehender Zusammenhang dieser beiden nachweisbar gewesen wäre. Diese Befunde liessen für die Markströmungen zwar eine Ein-

engung, jedoch kein vollständiges Hinderniss erwarten. Weitere Aufklärung aber mussten diese Veränderungen des Markes in Betreff der Einkerbungen der Markscheide innerhalb zweier Schnürringe geben.

Innerhalb dieser sollte die Markscheide in eine Anzahl vollständig getrennter Faserglieder oder Hohlcylinder zerfallen, deren Grenze als wirkliche meist schräg von der Peripherie bis zum Axencylinder reichende Markunterbrechung die ganze Nervenfaser umfassen sollte.

Ging nun die als Grenze dieser Hohlcylinder beschriebene Zwischenmarkscheide *Kuhnt*'s, die nach Allem mit den Zwischenbalken der Hornscheide identisch zu sein scheint, um die ganze Peripherie der Faser von der Axencylinderscheide oder innern hornführenden Scheide bis zur äusseren herum, so war ein Hindurchströmen des Nervenmarkes durch die Hohlcylinder unmöglich.

Allerdings war Dieses aus unseren Befunden in keiner Weise zu erwarten. Darnach existiren Zwischenmarkscheiden als Verbindungsglieder der beiden Scheiden nur als einzelne, von der äusseren zur inneren hornführenden Scheide ziehende Balken, deren man auf Querschnitten von den peripheren Nerven und den weissen Strängen des Rückenmarkes in der Regel drei von ziemlicher Feinheit sieht, die ein Hinderniss für Strömungen innerhalb des Hohlraumes in keiner Weise abgeben können.

Zerzupft man nun einen frischen, direct aus dem Frosch genommenen Nerven auf dem Objectträger und setzt alsdann einen oder mehrere Tropfen destillirten H_2O hinzu, so beobachtet man zunächst Veränderungen, die sich im Wesentlichen auf Verlust der Durchsichtigkeit und der Homogenität der einzelnen Faser beziehen. Wie es schon *Boll* beschreibt, werden aus den schmalen, stark lichtbrechenden Bändern breitere Gebilde, die langsam von der Peripherie her undurchsichtig werden und Bilder bieten, die

sich wohl am einfachsten durch Gerinnungsvorgänge im Mark erklären lassen. Nach kurzer Zeit aber sieht man, wie sich aus dem freien Ende einzelner Nervenfasern unregelmässige Ballen ergiessen, die theils den Eindruck von geronnenen Schollen machen, theils den einer mehr flüssigen, eine Menge fester Körnchen enthaltende Masse.

Verfolgt man die Faser weiter, so sieht man innerhalb derselben eine ziemlich gleichmässig nachrückende Strömung von beträchtlicher Geschwindigkeit, die im ganzen Verlaufe kein Hinderniss trifft und auch durch den *Ranvier*'schen Schnürring vielfach ohne Störung, allerdings wie durch ein verengtes Strombett sich ergiesst. Doch findet, indem nur kleinere Mengen der flüssigen Masse die Einschnürung durchströmen, vor derselben auch vielfach eine Stauung statt, wodurch unter dem Druck der nachrückenden Massen meist eine Ausbuchtung der Scheiden entsteht. Noch interessanter ist das Bild, wenn ein grösserer, weniger flüssiger Ballen plötzlich einen Theil des durchgängigen Ringes im Gesichtsfeld verlegt. An einem der ersten *Ranvier*'schen Schnürringe, den wir an solchem Präparat zu Gesicht bekamen, fand eine ziemliche Stauung statt. Hier war der grösste Theil des sichtbaren Ringes durch einen grösseren Ballen verschlossen; und nur an einer Stelle trieb eine Anzahl kleinerer Körnchen hindurch. Plötzlich ergoss sich darauf anscheinend unter dem Druck des nachrückenden Markes eine nicht unbeträchtliche theils anscheinend geronnene, theils noch flüssige Masse hindurch, die sich, auf der andern Seite der Einschnürung angekommen, nach beiden Seiten mit grosser Geschwindigkeit ausbreitete, die schon zusammengefallenen Scheiden wieder stärker ausdehnte und dann in mehr ruhigem Flusse dem offenen Ende der Faser zutrieb. Dieser Vorgang lässt sich an demselben Präparat oft an mehreren Schnürringen verfolgen. Später entleeren sich die vom Schnittende nicht zu weit entfernten Theile der Fasern immer mehr und es

tritt jetzt ein anderes Bild in den Vordergrund. Die während des Strömens des Nervenmarkes nicht sehr deutliche Trennung der Nervenfaser in Markscheide und Axencylinder, sowie die Einkerbungen des Markes treten wieder deutlich hervor, aber an Stelle des zuvor keineswegs sehr breiten Axencylinders befindet sich jetzt ein centrales Gebilde, das mehr als die Hälfte der Nervenfaser einnehmend, eine homogene Struktur und einen vollständig gleichmässigen Breitendurchmesser aufweist. Umgeben ist dieses Gebilde zu beiden Seiten von jenen beträchtlich verschmälerten Hohlcylindern, deren Einschnitte nun mehr an einzelnen Stellen sich bis auf das centrale Gebilde selbst erstrecken, an andern jedoch noch durch einen deutlichen Zwischenraum von diesen getrennt zu sein scheinen. Hat man es günstig getroffen, so kann man oft sehen, wie sich innerhalb des trennenden Raumes zwischen dieser Einkerbung und dem centralen Gebilde noch einzelne Theile restirender schaumiger Masse ergiessen, die noch dazu öfters die innere Grenze der Einkerbung verwischen und so mehr unter oder über dieser hindurchzugehen scheinen.

Mit dem Aufhören der Entleerung des Markes tritt an einzelnen Stellen die Scheidung der Nerven in die Markhüllen und den Axencylinder gut hervor. Neben dem kaum sichtbaren Contour der *Schwann*'schen Scheide sieht man dann den zusammengefallenen Rest der Markscheiden mit ausserordentlicher Deutlichkeit und an ihnen erkennt man als Grenze der schon erwähnten Hohlcylinder jene Einkerbungen, die sich nach dieser Behandlung im Wesentlichen als schräg zur Axe der Faser verlaufende Einschnitte darbieten und die Markhüllen bis zum Axencylinder vollständig zu unterbrechen scheinen. Dass diese Einkerbungen die ganze Peripherie der Faser umfassen, war jedoch an diesen Präparaten nicht zu constatiren, ja nicht einmal wahrscheinlich. Meist bedarf es zur vollständigen Deutlichmachung und zur Verfolgung des Verlaufs derselben von der Peripherie

bis zum Centrum einer wechselnden Einstellung des Mikroskops, was wohl nur darauf bezogen werden kann, dass die Richtung dieser Einkerbung nicht in der Horizontalen liegt, sondern vielfach schräg zu dieser verläuft. Ferner möchte ich erwähnen, dass zwei correspondirende Einkerbungen nur selten in gleicher Höhe lagen und es bei Untersuchung mit dem Immersionssystem vielfach vorkam, dass eine Einkerbung jeweils nur auf der einen Seite constatirt werden konnte und dass diese mit der Verstellung der Schraube unsichtbar wurde, während die gegenüberliegende hervortrat.

Dieses ist so ziemlich das Bild, wie es sich in den entleerten Fasern darbietet, und das sich lange Zeit beobachten lässt. Ich kann mit *Boll* keineswegs übereinstimmen, der der Meinung ist, dass der veränderte Axencylinder zuletzt mit der veränderten Markscheide zusammenfliesst und verschmilzt, und wenn er Fasern vor Augen hatte, an denen eine homogene, zähflüssige Masse, schaumigen Aussehens, den alleinigen Inhalt der *Schwann*'schen Scheide (wie er glaubt) auszumachen schien, so sind das entschieden solche gewesen, an welchen das Mark wegen der weiten Entfernung des Schnittendes der Faser sich nicht entleeren konnte.

Die entleerten Fasern bieten mit ihrem verbreiterten Axencylinder und den verschmälerten Markhüllen ein ganz charakteristisches Bild, das sich ausserordentlich lange erhält; jedenfalls lässt sich eine weitere etwaige Veränderung der Faser wegen der Langsamkeit der Vorgänge unter dem Mikroskop nur schwer verfolgen; eine eigentliche Auflösung und Tropfenbildung am Axencylinder, wie sie *Boll* beschreibt, konnte ich nicht beobachten.

Welche Schlussfolgerungen können wir nun aus diesen Vorgängen innerhalb der Nervenfaser betreffs der Structur derselben ziehen?

Dass im Niveau des *Ranvier*'schen Schnürringes ein stärkerer Widerstand sich dem fliessenden Mark entgegen stemmt,

dass hier eine Verengerung des Strombettes stattfindet, hat schon *Boll* hervorgehoben. Aber das Strombett kann in keiner Weise unterbrochen sein, und es stimmt dieses auch vollständig mit den schon oben hervorgehobenen Ergebnissen unserer Untersuchungen, nach denen an dem Schnürringe nur eine ringförmige Einschnürung der äussern hornführenden Scheide Statt hat. Ebensowenig kann aber eine Unterbrechung des Strombettes an den Einkerbungen des Markes zwischen den sogenannten Fasergliedern oder Hohlcylindern vorhanden sein. Dass diese Einkerbungen wenigstens insofern präformirten Structurdifferenzen ihre Entstehung verdanken, als hier Zwischenbalken der Markscheiden ausgespannt sind, scheint mir nicht zweifelhaft zu sein. Aber die Zwischenmarkscheiden scheinen auch nach diesen Untersuchungen keineswegs die ganze Peripherie der Faser zu umfassen; ja es scheint, dass sie von dieser so wenig einnehmen, dass nicht einmal eine Verengerung des Strombettes, durch sie bedingt, sich innerhalb der Faser bei den Strömungen des Markes kenntlich macht.

Wie schon erwähnt, beziehen sich diese Beobachtungen auf Fasern, die in destillirtem Wasser zerzupft waren. Weniger intensiv sind die Erscheinungen bei Behandlung mit gewöhnlichem Wasser und vielleicht ist Dieses die Ursache, dass *Ranvier* kein Hindurchströmen des Markes durch die Einschnürung beobachtet hat, wiewohl ich dieses allerdings mit dem sehr reinen Heidelberger Leitungswasser stets zu beobachten Gelegenheit hatte. Anscheinend werden mit zunehmendem Salzgehalte der Reagentien die Strömungserscheinungen weniger intensiv und hören bald ganz auf. So lassen sich schon in $^1/_4$ % Kochsalzlösungen derartige Erscheinungen nicht mehr beobachten und nur an wenigen vereinzelten Fasern sieht man aus dem Schnittende geringe Mengen Markes austreten. Dasselbe ist der Fall bei Behandlung der Fasern mit Salzsäure von 0,1 %.

Am intensivsten treten, soweit ich bis jetzt sehe, die Strömungserscheinungen bei Behandlung der Fasern mit drei Reagentien auf, bei Behandlung mit Kalilauge, von welcher ich eine 0,1 procentige benutzte, bei Behandlung mit Essigsäure, und zwar sowohl mit Eisessig als mit verdünnten Lösungen und bei Behandlung mit der *Moleschott*'schen Essig-Alkoholmischung, auf welche ich später noch zurückkommen werde und die jedenfalls hauptsächlich durch ihren Essigsäuregehalt wirkt.

Bei Behandlung der frischen Fasern mit Kalilauge und Essigsäure erfolgt die Entleerung der Scheiden mit solcher ausserordentlichen Schnelligkeit und die Strömungen treten so rasch auf, dass man sich mit dem Anfertigen des Präparats beeilen muss, sonst sieht man nur kolossale Mengen zusammengeballten, unregelmässig geformten Markes an dem Schnittende der Faser lagern, oder in der Präparatflüssigkeit umhertreiben. — In der Erklärung dieser Erscheinungen stimme ich weder mit *Boll* noch mit *Ranvier* überein.

Boll hat diese Strömungserscheinungen des Nervenmarkes so aufgefasst, dass sich durch die beständig fortschreitende Wasseraufnahme der Aggregatzustand des zuvor allerdings zu concentrischen Schichten geronnenen Markes ändere, dass dasselbe zunächst zähflüssig, dann ganz leichtflüssig werde, und sich endlich aus dem Schnittende ergiesse, wahrscheinlich, weil die Eindämmung in die verhältnissmässig festen Hüllen der weiteren Ausdehnung ein Hinderniss entgegen setze. Derselben Ansicht ist auch *Ranvier*, nur dass diesem auch die Quellung des Axencylinders nicht entgangen ist; doch schreibt er derselben einen Einfluss auf die Strömungserscheinungen des Markes nicht zu. Gegen diese Meinungen, dass es sich bei den beschriebenen Vorgängen nur um eine primäre Veränderung des Markes durch Wasseraufnahme handle, konnte ich schon bei meinen ersten Untersuchungen einige Bedenken nicht unterdrücken. Einerseits

schien mir die leicht zu machende Beobachtung, dass das aus der Faser ausgetretene Mark sich in der umgebenden Flüssigkeit kaum verändert, sondern nach dem Austritt alsbald mehr oder weniger erstarrt eine Zeitlang am Schnittende kleben bleibt, dann weggetrieben wird und unter dem Deckglas in Schollen umhertreibt, mehr für einen secundären Vorgang im Mark zu sprechen. Andererseits war ja am Axencylinder sowohl bei der Behandlung mit reinem Wasser als mit Kalilauge und Essigsäure jene äusserst beträchtliche Quellung zu constatiren, die schon als eine Veranlassung zur Compression des Markes in seinen Scheiden und dem daraus resultirenden Austritt aus dem Schnittende betrachtet werden konnte.

Ranvier glaubt, die Quellung des Axencylinders dafür nicht verantwortlich machen zu müssen, da die *Schwann*'sche Scheide, die vielfach während der Strömungen zahlreiche Falten und auch Auftreibungen zeigt, Raum genug für Quellungsvorgänge in der Faser darbiete.

Bei diesem oft zu constatirenden Verhalten der *Schwann*'schen Scheide hätte nun die Thatsache, dass das Mark überhaupt austritt, wunderbar erscheinen müssen. Die Entdeckung der äusseren, das Mark in ein engeres Strombett einschliessenden weniger elastischen Scheide musste diesen Vorgang erst verständlich machen. Wird durch eine Quellung des Axencylinders, die sich auch an entmarkten Fasern durch Kalilauge und Essigsäure nachweisen lässt, ein Druck ausgeübt, so muss, nachdem eine Dehnung der Scheiden nicht weiter möglich, die Faser sich eines Theils ihres Inhaltes entledigen.

Entschieden konnte übrigens diese Frage, ob es sich um einen nur primären oder secundären Vorgang im Mark handle, erst dadurch werden, dass eine Faser mit intaktem Mark und fehlendem Axencylinder der gleichen Untersuchung unterworfen wurde.

Es gelang mir dieses mit Hilfe einiger anderer später folgender Untersuchungsergebnisse durch die Löslichkeit des Axencylinders in schwachen Kochsalzlösungen, die, wie ich schon hervorgehoben habe, das Mark nicht in sichtbarer Weise beeinflussen. Durch Bestimmung der Gerinnungstemperatur des Axencylinders war ich auch in den Stand gesetzt, Fasern zu untersuchen, von welchen der Axencylinder in den einen gelöst, in den andern vorhanden war. Dabei waren die letzteren nur einer um wenige Grade höheren Temperatur ausgesetzt gewesen, als die ersteren. Indem ich nun die stärker erhitzte und ihres Axencylinders nicht beraubte Faser mit Zusatz von Kalilauge untersuchte, zeigten sich dieselben Strömungserscheinungen des Markes, die ich zuvor als charakteristisch für die Behandlung mit Kalilauge geschildert habe. Mit ausserordentlicher Schnelligkeit ergossen sich grosse Mengen theils zusammengeballten, theils schaumigen Markes aus dem Schnittende der Faser. In den entleerten Scheiden zeigte sich dann der gequollene Axencylinder. Untersuchte ich jedoch die ihres Axencylinders beraubte Faser mit Zusatz von Kalilauge, so traten wohl gleichfalls hie und da geringe Strömungen innerhalb des Markes auf; doch erfolgten dieselben ausserordentlich langsam, und nur geringe Mengen Markes traten aus dem Schnittende der Faser aus. Der Anblick machte im Verhältniss zu dem frühern Präparate den Eindruck, als fehle der grösste Theil der treibenden Kraft.

Die Angabe von *Boll* und *Ranvier*, dass es sich nur um eine primäre Veränderung des Markes handelt, dürfte demnach dahin umzuändern sein, dass das Mark unter der Einwirkung der beschriebenen Reagentien zwar primäre Veränderungen eingeht, dass jedoch die starken Strömungserscheinungen wesentlich der Veränderung des Axencylinders zugeschrieben werden müssen.

Ich habe vorhin schon auf gewisse Bilder aufmerksam gemacht, welche sich nach Ablauf dieser stürmischen Vorgänge an der Faser

darbieten. Eigentlich konnte erwartet werden, dass mit der Entleerung des Markes die Hüllen desselben, jedenfalls aber die äussern deutlich hervortreten würden. Indessen ist das nicht gleich der Fall. Erst wenn nach längerer Einwirkung eine weitere Veränderung mit dem Axencylinder und vielleicht auch noch mit den Markresten vor sich gegangen ist, treten die Scheiden desselben deutlich hervor.

Untersucht man Nerven, die gut zerzupft 24 Stunden in destillirtem Wasser gelegen haben, so ist das Bild ein vollständig anderes, als das, welches sich bei directer und sogar langer Beobachtung auf dem Objectträger dargeboten hat. Zunächst zeigt sich, dass das ausserordentlich breite centrale Gebilde, der gequollene Axencylinder nicht mehr wie früher vorhanden ist. Im Centrum der Faser befindet sich jetzt ein weit schmäleres, feine Längsstreifen zeigendes Gebilde. Dadurch ist der zuvor sehr schmale Hohlraum für das Mark beträchtlich verbreitert; derselbe ist hie und da ganz leer, an manchen Stellen auch mit feinen Körnchen erfüllt, die jedoch den Einblick in die Faser nicht verhindern, an andern Stellen sind noch grössere Schollen vorhanden, durch die selbstverständlich das centrale Gebilde verdeckt wird. Der Hohlraum des Markes aber wird umschlossen von einer eigenen Hülle, die sich von der *Schwann*'schen Scheide deutlich unterscheiden lässt und hier und da auch in grösseren Ausbuchtungen dieser von ihr getrennt ist.

Diese Hülle zeigt ganz die gleiche netzförmige Zeichnung, wie sie nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether an der äussern Scheide sichtbar ist, mit dem einzigen Unterschied, dass die mit destillirtem Wasser behandelten Fasern eine regelmässigere Zeichnung darbieten. Diese Darstellung der äussern Scheide dürfte um so wichtiger erscheinen, als der Verdacht nahe lag, dass jene maschige nach Behandlung mit siedendem Alkohol oder Chloroform hervor-

tretende Zeichnung einer durch diese Reagentien oder die Siedetemperatur bedingten Schrumpfung ihre Entstehung verdanke.

Zwar hat *Lantermann* ohne vorhergehende Anwendung schrumpfender Reagentien auf ein netzförmiges Aussehen an Osmiumpräparaten aufmerksam gemacht, aber es ist sehr fraglich, ob diese Zeichnung mit derjenigen der äussern Markscheide identisch ist.

Die wesentlichste Einwirkung hat die Osmiumsäure auf das Nervenmark und zwar hauptsächlich auf die durch Aether extrahirbaren Stoffe, mit welchen sie eine schwarze homogene Masse bildet. Eine andere Wirkung der Osmiumsäure, auf die mich Herr Prof. *Kühne* aufmerksam machte (vergl. die folgende Abhandlung), tritt hauptsächlich bei ungenügender Menge des Reagens ein und betrifft den Axencylinder; es ist dazu eine minder concentrirte Lösung wünschenswerth, als sie gewöhnlich gebräuchlich ist.

Benützt man eine Lösung von 1,0 pro mille und untersucht frisch zerzupfte Fasern direct auf dem Objectträger, so tritt jene bekannte Färbung des Markes auf und einhergehend mit dieser werden dessen Einkerbungen sichtbar; dabei sieht man den Axencylinder als ein äusserst breites Gebilde in den gefärbten Markhüllen. Ist die vorhandene Menge des Reagens genügend, so lässt sich noch eine beträchtliche Quellung des Axencylinders verfolgen. Dabei treten auch hier an der Schnittfläche vereinzelte Ballen Nervenmarkes aus. Im Grossen und Ganzen bieten jedoch die Markhüllen ein anderes Bild, als bei den mit Wasser oder Kalilauge behandelten Fasern.

Mit der Quellung des Axencylinders beginnen die Einkerbungen der Markscheide an Breite zuzunehmen; ohne dass eine Verbindung zwischen den einzelnen „Hohlcylindern“ nachweisbar ist, sind dieselben durch breite Zwischenräume getrennt und der ko-

lossal verbreiterte Axencylinder macht nunmehr den Eindruck, als seien eine Anzahl mehr oder minder dicker Stulpen ihm aufgestreift[1]).

Diese Bilder, welche unter günstigen Verhältnissen auch bei stärkeren Lösungen auftreten, nur dass hier meist die beträchtliche Verbreiterung des Axencylinders fehlt (*Ranvier* zeichnet solche Bilder), scheinen eigentlich darauf hinzuweisen, dass an den Einkerbungen eine wirkliche Unterbrechung der Markhüllen Statt hat, wenn nicht gerade eine Zerreissung an diesen Stellen die Trennung ermöglicht. Indessen zeigte die Untersuchung, dass weder das Letztere noch das Erstere der Fall ist.

Zur Entscheidung werden solche Fasern, an welchen die durch breite Zwischenräume getrennten Stulpen dem Axencylinder aufgereiht erscheinen, nach gutem Ausspülen in Alkohol gelegt und dann entmarkt. Die Entmarkung gelingt recht gut, sobald die Fasern nur kurze Zeit in Osmiumsäure gelegen und noch nicht jene intensiv dunkelbraune oder schwarze Farbe angenommen haben, wie sie nach längerer Einwirkung die Regel ist. Dabei wird der siedende Alkohol sehr wenig, der Aether jedoch ziemlich dunkel gefärbt.

Die Untersuchung der entmarkten Fasern zeigt nun ganz dieselben Scheiden, wie sie schon oben beschrieben sind; keine nach den Osmiumbildern zu erwartende Spalte, kein Einschnitt unterbricht diese, ein deutlicher Beweis, dass die Osmiumfärbung einzig den Inhalt der Scheiden betrifft, während diese ungefärbt und meist nicht sichtbar die einzelnen Stulpen mit einander verbinden.

In diesen Befunden liegt wohl auch die Erklärung für einen Theil der Osmiumwirkung überhaupt. Dass sich die feste Ver-

---

[1]) Ausserordentlich gut lassen sich diese Vorgänge auch am N. ischid. des Kaninchens verfolgen, wie ich gegenüber von *Hennig* erklären muss, welcher der Ansicht ist, dass die *Lantermann*'schen Einkerbungen beim Kaninchen vollständig fehlen.

bindung der Säure mit den Stoffen des Markes bei grossen absoluten Mengen oder bedeutender Concentration des Reagens auf ein kleineres Volumen zurückzieht, kann wohl keinem Zweifel unterliegen. Dass damit gerade an den Stellen eine Trennung und Spaltung des Markes erfolgt, an welchen auch die Verbindung intra vitam eine geringere ist, kann uns nicht wundern. Solche Stellen bestehen aber sicher innerhalb der Faser und zwar dort, wo die Zwischenbalken der Scheiden von der inneren zur äusseren Scheide ziehen. Ebenso aber zieht sich die Osmiumverbindung in den meisten Präparaten von dem *Ranvier*'schen Schnürring zurück, der auf eine weite Strecke zu beiden Seiten markleer erscheint; und wenn sich auch nicht mit Bestimmtheit sagen lässt, dass das Mark durch jeden *Ranvier*'schen Schnürring hindurchgeht, und nur unter der Wirkung des Reagens sich vielfach aus dem engeren Strombett zurückzieht, so ist nach unseren Befunden die Möglichkeit des Hindurchgehens nicht ausgeschlossen, ja es bedarf nach denselben noch des Beweises, dass das Mark nicht hindurchgeht.

Einige Worte muss ich noch der von *Lantermann* und *Mc'. Carthy* angegebenen stäbchenförmigen Structur des Nervenmarkes widmen. Die meisten Forscher haben sich schon dafür ausgesprochen, dass es sich hierbei um Kunstproducte handelt, und die von *Lantermann* als Querschnitte von Stäbchen aufgefassten Gebilde nur gefärbten, an der Oberfläche des Markes sich ausscheidenden Kügelchen, ihre Entstehung verdanken. War Dieses der Fall, so musste auch die ausserhalb der Faser entstehende Osmiumverbindung des Markes dieselben Bilder geben und das ist allerdings der Fall.

Verdampft man das Aetherextract von Nerven und setzt der restirenden weissen Masse Osmiumsäure zu, so entsteht eine je nach der Menge des zugesetzten Reagens verschieden dunkle Masse, die auf dem Objectträger untersucht, eine grosse Menge

einzelner, ziemlich regelmässiger Kugeln zeigt, die ganz dieselben Bilder geben, wie sie im Innern der Faser sichtbar sind und beim Zusammenliegen in plaques eine zuweilen überraschend regelmässige fleckige Zeichnung mit kreisförmigen farblosen Durchbrechungen darbietet.

Damit dürfte ein Theil dieser Bilder seine Erklärung finden. Ob jedoch nicht gleichzeitig die Zeichnung der äusseren Markscheide zu ähnlichen Bildern die Veranlassung zu sein vermag, will ich nicht entscheiden.

Der Axencylinder.

Die Sichtbarmachung des Axencylinders durch Alkohol oder Aether oder auch durch beide zusammen, ist seit den Untersuchungen *Kölliker*'s [1]) wohl ein häufig geübtes Verfahren. Und wenn trotz dieser Behandlung die Structurverhältnisse des Markes den Forschern vollkommen entgangen sind, so hat das wohl wesentlich seinen Grund darin, dass zur vollständigen Entfernung der Fette eine sehr sorgfältige Behandlung nothwendig ist. Die leicht zurükbleibenden krümmlichen Körner, die auch *Kölliker* erwähnt, verwischen das Bild des äusseren Scheidennetzes und lassen ein sicheres Urtheil nicht zu.

Das zweckmässigste Verfahren zur Entmarkung mit Alkohol und Aether habe ich schon oben angegeben. Die Untersuchung der so behandelten Faser zeigt innerhalb der weitmaschigen äusseren Horn führenden Scheide ein schmales centrales Gebilde, das alle Krümmungen und Biegungen der Faser möglichst vermeidend, bald der einen, bald der andern Seite der äusseren Scheide nahe liegt. Dasselbe ist ein gleichmässiges feingranulirtes Gebilde ohne irgend nachweisbare fibrilläre Streifung. Wie

---

[1]) Mikroskopische Anatomie, Bd. II, erste Hälfte.

schon oben erwähnt, ist eine den Axencylinder umhüllende Scheide bei dieser Behandlung nicht zu unterscheiden. Erst nach Entfernung des Axencylinders durch die Verdauung mit Trypsin wird, wie *Ewald* und *Kühne* angeben, die Axencylinderscheide als leere Hülse sichtbar.

Durch Behandlung mit siedendem Chloroform lässt sich, wie ich schon erwähnt habe, der Axencylinder durch einen Zwischenraum von seiner Scheide getrennt, deutlich machen; auch hier ist derselbe ein feingranulirtes nicht fibrillär aussehendes Gebilde, das in spiralförmigen Touren in der Faser verläuft.

Welcher Differenz in der Wirkung dieser verschiedenen Reagentien die differenten Bilder ihre Entstehung verdanken, wage ich nicht zu entscheiden. Vielleicht ist der bei der Chloroformbehandlung entstehende periaxiale Raum noch mit Flüssigkeit gefüllt, die bei einer etwaigen Coagulation aus dem Axencylinder ausgetreten, sich mit dem Chloroform nicht mischte und so ein Zusammenziehen der Scheide um den Axencylinder unmöglich machte. Verschiedene später folgende Beobachtungen lassen wenigstens diese Entstehung als eine beachtenswerthe Möglichkeit erscheinen.

Den Schluss, welcher aus diesem deutlichen Hervortreten des Axencylinders in Fette lösenden Reagentien resultirt, hat *Kölliker* schon vor Jahren gezogen, dass der Axencylinder nicht den Fetten zugerechnet werden darf. Mit Berufung auf die Färbung des Axencylinders durch die Eiweissreagentien kam *Kölliker* damals zu dem Resultat, dass der Axencylinder eine feste Proteïnverbindung sei.

Lehmann[1]) schloss sich dieser Ansicht von der Eiweissnatur des Axencylinders an und seitdem ist diese Anschauung nicht mehr angefochten worden, wenn auch andere Forscher, wie

---

[1]) Lehrbuch der physiolog. Chemie, Leipzig 1853.

Kühne [1]) und *Waldeyer* [2]) demselben einen weich-elastischen, *Fleischl* [3]) sogar einen flüssigen Zustand zuschreiben.

Am Besten lässt sich die Eiweissnatur des centralen Gebildes an dem entmarkten Nerven nachweisen; dabei ist aber immer noch die Einwirkung der verschiedensten Eiweissreagentien eine viel zu wenig intensive, um sichere Schlüsse zu gestatten. Von allen Untersuchungsflüssigkeiten kann ich nur das *Millon*'sche Reagens erwähnen, gegen welches sich der Axencylinder deutlich wie ein Eiweisskörper verhielt.

Zu dieser Untersuchung wurde ein mit Alkohol und Aether entmarkter Nerv nach gutem Auswaschen in Wasser 24 Stunden in verdünnte *Millon*'sche Flüssigkeit gelegt und darauf gekocht. Während des Siedens wurde so lange von dem Reagens zugefügt, bis das Präparat dunkelroth geworden. Die Untersuchung ergab, dass die gesammten Scheiden sich unter Einwirkung des Reagens gefärbt hatten und es liess sich somit ein sicheres Urtheil über die Färbung des Axencylinders nur an solchen Fasern erhalten, an welchen er deutlich herausragte. An einzelnen Fasern war dies gut zu sehen. Während die Scheiden eine mehr blassrothe Farbe hatten und auch die Axencylinderscheide mit einem nach der äusseren Seite umgeschlagenen Ende, anscheinend einem Zwischenmarkbalken plötzlich endigte, jedenfalls um den Axencylinder nicht mehr nachweisbar war, ragte dieser als ziemlich dunkelroth gefärbter, regelmässiger und ziemlich breiter Faden hervor.

Die übrigen Eiweissreactionen, so mit Salpetersäure und Kalilauge, schwefelsaurem Kupferoxyd und Kalilauge, Schwefelsäure und Zucker sind für den Axencylinder viel zu wenig intensiv. Färben sie auch den Nerven im Allgemeinen gut, so lassen doch ein-

---

[1]) Lehrbuch der physiolog. Chemie, Leipzig 1868.

[2]) Zeitschrift f. rat. Medicin, 3. R., Bd. XX, Heft 3.

[3]) Ueber die Beschaffenheit des Axencylinders. Beiträge z. Anatomie und Physiologie (Gratulationsschrift *Carl Ludwig*'s).

zelne Balken der Scheiden und ebenso der Axencylinder eine deutliche Färbung nicht erkennen. Doch dürfte die Färbung mit dem *Millon*'schen Reagens genügen, um dem Axencylinder **Eiweisskörper** zuzusprechen.

An die Auffassung des Axencylinders als einer eiweissreichen Masse schliesst sich aber gleichzeitig die Frage an, ob das durch Alkohol und Aether und ebenso durch viele andere Reagentien sichtbar werdende centrale Gebilde nicht durch Coagulation aus dem ursprünglich breiteren Axencylinder entstanden ist. *Henle* und *Merkel*[1]) haben schon vor Jahren diese Frage aufgeworfen, als *M. Schultze* in seiner bekannten Arbeit anscheinend fibrilläre Axencylinder zeichnete, die fast den grössten Theil der Faser einnahmen und seitdem sind noch immer Gebilde von sehr verschiedener Breite und verschiedenem Aussehen, bald ein dickes, die Faser nahezu ausfüllendes Band, bald ein schmaler, centraler Faden für vollkommen gleichwerthige Gebilde, für den Axencylinder, angesehen worden, während es doch keinem Zweifel unterliegen kann, dass viele dieser Gebilde erst unter der Einwirkung der verschiedensten Reagentien entstanden waren.

So kommt es, dass über die eigentliche Breite des Axencylinders in der lebenden Nervenfaser eine Einigung unter den verschiedensten Forschern nicht erzielt ist, zumal ja am lebenden Nerven ein sichtbarer Axencylinder seither nicht nachgewiesen wurde. In den Flossen der Fische oder in der Schwimmhaut vom Frosch sieht man die einzelne Faser als deutlich doppeltcontourirtes Gebilde. Die *Ranvier*'schen Schnürringe erkennt man bei Beiden deutlich. Andeutungen von Einkerbungen, äusserst zart und keineswegs mit den Osmiumbildern zu vergleichen, liessen sich nur in der Fischflosse erkennen.

Durch die vielfachen Veränderungen des Markes werden

---

[1]) Ueber die sogenannte Bindesubstanz d. Centralorgane, Zeitschrift f. rat. Medicin, Bd. XXXIV, Heft 1.

direct nach dem Herausnehmen der Nerven diese Zeichnungen weit undeutlicher. Theils durch das Absterben der Faser, theils durch die angewendeten Untersuchungsflüssigkeiten entstehen nun jene so sehr verschiedenen Bilder. Wir haben schon oben die frische Nervenfaser unter der Einwirkung verschiedener Reagentien untersucht. Wir haben dabei jene Strömungserscheinungen des Nervenmarkes verfolgt, wie sie bei der Behandlung der Fasern mit Wasser seither bekannt waren und die wesentlich nur auf eine Wasseraufnahme und Quellung des Markes bezogen wurden, das in einem ringförmigen Strombett eingeengt, sich einen Ausweg suche und so dem Schnittende der Faser zuströme. Ich habe dann gezeigt, dass dieselben Erscheinungen zum Theil noch weit intensiver bei der Einwirkung mancher anderer Reagentien auftreten und bin auf Grund dieser Beobachtungen zu dem Schlusse gekommen, dass diese Vorgänge nicht einzig durch eine primäre Veränderung des Nervenmarkes bedingt sind.

Die Gründe, auf welche ich meine Anschauung stützte, sind im Wesentlichen folgende:

1. In allen Fasern, in welchen unter der Einwirkung gewisser Reagentien jene Strömungs- und Austrittserscheinungen des Nervenmarkes zur Beobachtung kommen, tritt mit der mehr und mehr erfolgenden Entleerung der Faser von Mark ein centrales Gebilde hervor, welches nahezu die gesammte Faser ausfüllt und zweifelsohne der gequollene Axencylinder ist.

2. Der grösste Theil dieser Reagentien, unter deren Einwirkung die Strömungserscheinungen des Markes deutlich werden, bewirken noch an dem mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven eine beträchtliche Quellung des Axencylinders.

3. Es lässt sich aus gut zerzupften Fasern ohne wesentliche Veränderung des Markes der Axencylinder entfernen. Die Untersuchung dieser Fasern (vergl. unten, Einwirkung verdünnter NaClLösungen) mit den betreffenden Reagentien zeigt zwar auch

geringe Veränderungen und hie und da auch Strömungen des Nervenmarks. Doch sind dieselben ausserordentlich unbedeutend gegenüber den Vorgängen in jenen Fasern, in welchen der Axencylinder vorhanden ist.

Ich habe diese Gründe für meine Anschauung schon früher erwähnen zu müssen geglaubt, obwohl die auf 2 und 3 bezüglichen Beobachtungen erst in dem Nachfolgenden näher ausgeführt werden sollen.

Diejenigen Reagentien, unter deren Einwirkung die Strömungserscheinungen des Markes am Deutlichsten auftraten, waren ausser destill. H_2O, Essigsäure, Kalilauge und die starke Essiglösung von *Moleschott*. Bei allen diesen tritt an der frischen Faser nach der Entleerung des Markes der Axencylinder als stark gequollenes Gebilde hervor. Weiter als bis zu diesem Punkte lassen sich die Veränderungen der Nervenfaser und insbesondere des Axencylinders in kurzer Zeit auf dem Objectträger nicht gut verfolgen.

Um also die Veränderungen, welche der Axencylinder weiter erleidet, kennen zu lernen, müssen wir den Nerv längere Zeit der Einwirkung des Reagens überlassen. Bevor ich darüber Weiteres berichte, sind noch einige Worte den Veränderungen des Axencylinders an mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven unter kurzer Einwirkung der besprochenen Reagentien zu widmen.

Gar nicht wird der Axencylinder des Alkohol-Aether-Nerven von Wasser beeinflusst, sehr beträchtlich jedoch von Essigsäure und Kalilauge.

Setzt man dem entmarkten und mit Hämatoxylin gefärbten Nerven einige Tropfen Kalilauge zu, und beeilt sich, denselben unter dem Mikroskope zu beobachten, so zeigt sich hier ein äusserst interessantes Bild. Man sieht, wie der eben noch sehr schmale Axencylinder anfängt sich auszudehnen, wie er, zunächst in der Länge wachsend zur Spirale wird und gleichzeitig beträchtlich an Breite zunimmt. Dieser Vorgang vollzieht sich

mit ausserordentlicher Schnelligkeit. Etwas langsamer, jedoch immer noch sehr rasch folgen die weiteren Veränderungen; langsam verschwinden nun die Bögen zwischen den Spiralen, bald hier, bald da wird der Axencylinder an einzelnen Stellen ungleichmässig breit, bald folgen die noch schmäleren Stellen nach und binnen einigen Secunden sehen wir an Stelle des eben noch in solcher Umwälzung begriffenen Gebildes eine gequollene Masse, die einen grossen Theil der Faser einnimmt, wenn sie auch nicht ganz den Breitendurchmesser des frischen so behandelten Axencylinders erreicht. Gleichzeitig mit diesem Wachsthum tritt eine ziemlich deutlich hervortretende Entfärbung des Axencylinders ein, der nach längerer Zeit jedoch noch als schwach blau gefärbtes Gebilde zu erkennen ist. Weitere Vorgänge lassen sich daran nun nicht mehr verfolgen. Weder an herausragenden Axencylindern lässt sich eine stärkere Quellung und ein etwaiges Einschmelzen erkennen, noch werden seine Contouren innerhalb der Scheiden undeutlich oder verwischt.

Ganz ähnliche Bilder bietet die Behandlung dieser entmarkten Fasern mit Essigsäure. Ich habe mich zu diesen Beobachtungen sowohl des reinen Eisessigs, als verdünnterer Lösungen, hauptsächlich einer von 2% bedient. Nur eine Differenz tritt bei der Behandlung mit Essigsäure gegen Kalilauge hervor, dass bei der ersteren der blau-violet gefärbte Axencylinder zunächst roth wird und dann seine Farbe ganz verliert. Doch lassen sich trotzdem die Quellungserscheinungen dabei auf das Deutlichste verfolgen. Auch an diesen Präparaten verändert sich nach einer gewissen Dauer der Einwirkung das Bild nicht mehr. Man sieht dann den gequollenen Axencylinder unverändert in der Faser und kein Anzeichen deutet mehr darauf hin, dass vor Kurzem ein so stürmischer Process in ihrem Inhalte verlief.

Aehnliche Veränderungen wie diese Lösungen von Essigsäure ruft auch die schon bei frischen Fasern benutzte *Moleschott*'sche

Lösung hervor, wahrscheinlich nur durch ihren Gehalt an Essigsäure bedingt.

Verdünnte Kochsalzlösungen haben auf die entmarkte Faser keinen irgendwie nachweisbaren Einfluss.

Die weitere Frage, welche sich den genannten direct zu beobachtenden Veränderungen anschliesst, ist die, ob die Nervenfaser und speciell der Axencylinder unter der Einwirkung der erwähnten Reagentien noch weitere Veränderungen eingeht, die, längere Zeit in Anspruch nehmend, zunächst nicht zur Beobachtung gelangen.

Hierüber konnte nur die Untersuchung Auskunft geben, nachdem der Nerv stundenlang der Einwirkung grösserer Mengen des Reagens ausgesetzt war.

Beginnen wir mit der Untersuchung des Nerven nach der längeren Einwirkung von destill. H_2O.

Um das Eindringen der jeweiligen Untersuchungsflüssigkeit zu erleichtern, habe ich es zweckmässig gefunden, den Nerven zunächst auf dem Objectträger in einigen Tropfen derselben zu zerzupfen, und dann erst ruhig in die Flüssigkeit einzulegen.

Wird der frisch aus dem Frosch entnommene Nerv nach 24stündiger Einwirkung von H_2O untersucht, so sieht man innerhalb der mehr oder weniger weiten *Schwann*'schen Scheide eine Zeichnung, welche gegen die frische in diesem Reagens untersuchte Faser wesentlich contrastirt. Das breite centrale Gebilde, der gequollene Axencylinder ist vollständig verschwunden.

An seiner Stelle sieht man, wie schon oben erwähnt, jenes schmale, feine Längsstreifen zeigende Band, welches sammt einigen körnigen oder scholligen Markresten in die jetzt sichtbar gewordene maschige äussere Markscheide eingeschlossen ist.

Untersuchen wir nunmehr dieselben Fasern nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether.

Mit Hämatoxylin gefärbt zeigen die 24 Stunden mit H_2O behandelten Fasern einen beträchtlichen Unterschied gegen die frisch mit Alkohol und Aether entmarkten. Der blauviolet gegefärbte centrale Faden der letzteren fehlt bei den ersteren vollständig. An seiner Stelle sieht man im Innern der Faser die kaum gefärbte Axencylinderscheide als äusserst feines Gebilde, dessen seitliche Contouren einen ungefärbten leeren Raum einschliessen: Es ist also durch destillirtes H_2O der Axencylinder gelöst worden. Wir haben die ersten Quellungserscheinungen des frischen Axencylinders durch das Reagens auf dem Objectträger beobachtet; in dieser vollständigen Auflösung sehen wir das Endresultat des so stürmisch begonnenen Processes.

Unterwerfen wir nun der gleichen Untersuchung einen Nerven, der zuerst durch Aether und Alkohol entmarkt war und nach der Entmarkung 24 Stunden der Einwirkung von destillirtem H_2O ausgesetzt war. Hier sehen wir nach der Färbung denselben schmalen gefärbten Axencylinder, wie ihn der Nerv darbietet, welcher nur mit Alkohol und Aether behandelt ist.

In diesem verschiedenen Verhalten gegen H_2O haben wir eine wesentliche Differenz zwischen dem frischen und dem mit Alkohol Aether behandelten Axencylinder. Wir haben uns oben in Folge der Färbung mit *Millon*'schem Reagens der Ansicht angeschlossen, dass wir in dem Axencylinder Eiweisskörper vor uns haben. Diese Ansicht musste die Frage nahe legen, ob der Axencylinder nach den verschiedenen Behandlungsmethoden sich nicht insofern verschieden verhalte, dass wir in ihm bald eine lösliche Modification vor uns haben, bald eine unlösliche, oder ein durch Erhitzen oder Reagentien entstandenes unlösliches Coagulat. Das verschiedene Verhalten des frischen und des durch die Alkohol-Aetherbehandlung zuvor entmarkten Nerven gegen H_2O scheint diese Ansicht vollständig zu bestätigen.

In der Behandlung mit siedendem Alkohol sind allein schon zwei Momente gegeben, die jedes für sich die Ursache der Coagulation von Albuminkörpern sein können.

Eine weitere Bestätigung der Ansicht von der Entstehung eines unlöslichen Coagulates durch die von uns geübte Entmarkung zeigte sich bei Untersuchung mit einem andern Reagens, dessen Wirkung auf den Axencylinder in neuerer Zeit *Kühne*[1]) bei seinen Untersuchungen über den Sehpurpur wieder constatiren konnte. Es ist dieses die Galle, die ebenso, wie die Stäbchen der Retina, so auch frische Axencylinder löste. Doch geht die Auflösung des Letzteren keineswegs so rasch, wie diejenige der Stäbchen, und lässt sich nicht in gleicher Weise auf dem Objectträger verfolgen.

Indessen löst 5—10 % Galle den Axencylinder des frischen Nerven innerhalb 24 Stunden.

Der Axencylinder des mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven wird jedoch durch 24stündiges Liegen in Galle in keiner Weise verändert. — Ebenso, wie diese beiden Reagentien erweisen einige weitere die Differenz in der Löslichkeit zwischen dem Eiweisskörper des frischen und dem Coagulat des Alkohol-Aether-Nerven.

Unter denjenigen Lösungen, welche am Schnellsten den frischen Nerven veränderten und jene Strömungen des Markes in ausserordentlich rascher und intensiver Weise hervorriefen, habe ich die Kalilauge genannt. Legen wir nun einen frischen Nerven, nachdem er gut zerzupft ist in Kalilauge von 0,1 % und 24 Stunden später nach gutem Auswaschen durch Wasser in Alkohol, so zeigt die Untersuchung nach der Entmarkung, dass auch in diesem der Axencylinder vollständig fehlt.

---

[1]) *W. Kühne*, über den Sehpurpur, diese Untersuchungen Bd. I, Heft 1.

Wir haben somit in der Kalilauge von 0,1 % ein weiteres Lösungsmittel für den frischen Axencylinder.

Behandeln wir den mit Alkohol und Aether entmarkten Nerven in der gleichen Weise mit Kalilauge und untersuchen nach 24 Stunden, so finden wir ziemlich dasselbe Bild, wie wir es schon oben beschrieben haben. Wir sehen nach der Färbung im Innern der Faser eine stark gequollene Masse von deutlicher blauer Farbe, die mehr als die Hälfte der ganzen Faser einnimmt.

Wir haben in diesem Verhalten gegen Kalilauge eine weitere Differenz zwischen dem frischen und dem coagulirten Axencylinder. Das Coagulat wird durch Kalilauge in eine gequollene Masse verwandelt, die wir wohl als ein gallertiges Kalialbuminat auffassen müssen. Gelöst wird dasselbe jedoch im Gegensatz zu dem Axencylinder des frischen Nerven in 24 Stunden nicht.

Etwas anders als die letzteren Reagentien wirkt Essigsäure. Hat ein frischer Nerv 24 Stunden in 2 % Essigsäure gelegen, so ergibt die Untersuchung nach der Entmarkung und Färbung Folgendes:

In der Faser zeigt sich ein centrales Gebilde von ziemlich gleichmässigem Umfang, das wiederum mehr als die Hälfte der Breite ausfüllt, durch Hämatoxylin blau gefärbt ist und die Zwischenbalken der Scheiden, sowie die äussere Horn führende Scheide auf das Deutlichste erkennen lässt. Es ist also unter der 24stündigen Einwirkung der Essigsäurelösung der Axencylinder nicht gelöst worden. Es ist aber auch der durch Essigsäure gequollene Axencylinder unter der Einwirkung des siedenden Alkohols und nachher des Aethers nicht beträchtlich geschrumpft.

Ebensowenig wird der Axencylinder des Alkohol-Aether-Nerven durch Essigsäure gelöst. Die beiden gequollenen Gebilde unterscheiden sich nur dadurch, dass der Axencylinder des zuvor entmarkten Nerven an Umfang demjenigen des frisch mit Essigsäure behandelten nachsteht, ein Umstand, den wir vielleicht darauf

beziehen müssen, dass durch die Behandlung mit siedendem Alkohol die Axencylinderscheide einen Theil ihrer im frischen Nerven jedenfalls grossen Elasticität eingebüsst hat.

In beiden aus dem Axencylinder hervorgegangenen Körpern haben wir wahrscheinlich Acidalbumine vor uns. Wenigstens scheint diese Ansicht in dem Verhalten gegen einige Reagentien eine Stütze zu finden.

Legen wir Nerven, die direct aus dem Frosch entnommen, 24 Stunden in Essigsäure gelegen hatten, nach gutem Ausspülen in eine concentrirte Kochsalzlösung und schreiten nach 24 stündigem Liegen in dieser zur Entmarkung und Färbung, so sehen wir jetzt in der Faser an Stelle des gequollenen Gebildes einen stark geschrumpften Faden, wie er auch sonst durch die blosse Behandlung des Nerven mit siedendem Alkohol und Aether entsteht. Es ist somit durch die concentrirte Kochsalzlösung die durch Essigsäure entstandene Masse gefällt, was unter der Behandlung mit siedendem Alkohol in keiner Weise geschah, ein Verhalten, welches vollständig mit dem seither bekannten der Acidalbumine sich in Uebereinstimmung befindet. Dieselbe Schrumpfung erleidet der durch Essigsäure gequollene Axencylinder des Alkohol-Aether-Nerven unter der Einwirkung concentrirter Kochsalzlösungen.

Noch ein anderes gleiches Verhalten, wie das des Acidalbumin's, lässt sich an dem durch Essigsäure veränderten Axencylinder nachweisen.

Legt man diesen 24 Stunden in eine Lösung von kohlensaurem Natron und untersucht nach der Entmarkung, so sieht man in einem Theil der Fasern einen ebenfalls geschrumpften Axencylinder, in einem andern Theil hat aber schon der Process der Auflösung dieses Acidalbumins begonnen; hier fehlt der Axencylinder schon theilweise.

Die gequollene Masse, welche unter der Einwirkung der

kalten Essigsäure in der frischen Faser entstanden ist, kann jedoch noch auf anderem Wege, als durch Alkalien zur Lösung gebracht werden, und zwar durch längeres Kochen in Essigsäure. Schon *Kölliker* hat darauf aufmerksam gemacht. Nach ein halb stündigem Kochen in Essigsäure und nachfolgender Entmarkung zeigt der Nerv an Stelle des gequollenen Axencylinders die leere Axencylinderscheide.

Ein Gleiches ist jedoch mit dem Eiweisscoagulat des schon zuvor entmarkten Nerven nicht der Fall. In diesem ist nach gleicher Behandlung die gequollene Masse noch nachweisbar.

Salzsäure von 0,1 % wirkt wenig intensiv und langsam auf den Nerven ein. Eine Quellung des Axencylinders lässt sich dabei nicht constatiren. Auch die Strömungserscheinungen des Markes treten bei ihrer Anwendung nicht auf. Doch sind nach 24 stündiger Einwirkung die Axencylinder der gut zerzupften Fasern gelöst; das Coagulat der Alkohol-Aether-Nerven wird von Salzsäure nicht wesentlich verändert.

Eine nicht unbeträchtliche Veränderung ruft die von *Moleschott*[1]) empfohlene Essigsäure-Alkohol-Mischung an der Nervenfaser hervor. Das Austreten eines Theils des Markes habe ich schon oben bei der Untersuchung der frischen Faser erwähnt. Bei längerer Einwirkung wird ein Theil des Markes jedenfalls auch gelöst.

Hervorzuheben ist ausserdem die beträchtliche Quellung des Axencylinders, der als breites Band so deutlich hervortritt, dass man diese Mischung als Controlle für die übrigen Untersuchungen betreffs der Lösung des Axencylinders verwenden kann. Vielfach wurde sie desshalb bei den seitherigen, sowie auch den weiter folgenden Untersuchungen benutzt.

---

[1]) Bestehend aus: 1 Volum. Alkohol. absol.; 1 Volum. Eisessig; 2 Volum. Wasser.

Von noch grösserer Bedeutung als die bisher gefundenen Lösungsmittel des frischen Axencylinders, wurde für uns ein anderes Reagens, zu dessen Anwendung wir durch die schon vielfach hervorgehobene Aehnlichkeit des Axencylinders mit der sogenannten Muskelfibrille veranlasst wurden.

Die Frage, ob unter den Eiweisskörpern des Axencylinders einer mit dem im Sarkolemmaschlauch vorkommenden Myosin identisch sei, kann wohl als eine der wichtigsten in der physiologischen Chemie betrachtet werden. Dieselbe führte zu der Untersuchung des Axencylinders in Kochsalzlösungen, welche nach *Kühne* in einer Concentration von 5—10 % Lösungsmittel für das Myosin sind. Schon oben habe ich erwähnt, dass die Untersuchung der frischen Fasern mit verdünnten Kochsalzlösungen auf dem Objectträger ausser Gerinnungserscheinungen des Markes nichts Wesentliches zeigt. Unter der Einwirkung von stärkeren Kochsalzlösungen tritt eine nach der Concentration mehr oder weniger bedeutende Schrumpfung der Nervenfaser ein.

Legen wir nun frische gut zerzupfte Nervenfasern in die verschiedensten Kochsalzlösungen, deren Salzgehalt von einem pCt. bis zur vollständigen Sättigung schwankt, und untersuchen nach dem Auswaschen in Wasser und der Entmarkung durch Alkohol und Aether, so sehen wir in allen diesen Fasern den Axencylinder deutlich erhalten. Derselbe ist in den Kochsalzlösungen von stärkerer Concentration nicht unbeträchtlich geschrumpft; in den weniger starken lässt sich eine Differenz zwischen diesem und dem nur mit Alkohol und Aether behandelten nicht nachweisen. Da sich unter den NaCl-Lösungen auch solche von 5, 7½, 10 % befanden, so ist nach diesen Befunden eine Identität mit dem Myosin ausgeschlossen.

Erst beim Uebergang zu verdünnteren Kochsalzlösungen unter einem pCt. zeigten sich die ersten Spuren einer Einwirkung auf den Axencylinder. Legt man frische, gut zerzupfte Nerven-

fasern in eine Kochsalzlösung von 0,75 % und schreitet nach 24-stündiger Einwirkung zur Entmarkung und Untersuchung, so zeigt in einer Reihe von Fasern der Axencylinder ein Verhalten, das sich nur durch eine theilweise Auflösung erklären lässt. Man sieht, wie oft mitten in der Faser der mässig dicke Axencylinder sich verdünnt und mit fein auslaufender Spitze endigt; dann folgt ein Stück, in welchem derselbe vollständig fehlt, bis nach einer mehr oder weniger langen Strecke ein gleich feines, oft auch kolbiges Ende wieder das Vorhandensein anzeigt. Dabei ist die Faser im übrigen normal. An andern Fasern ist der Schwund des Axencylinders mehr an dem Schnittende zu constatiren. Doch enthält die grösste Anzahl der Nervenfasern entschieden noch deutlich einen Axencylinder.

Stärker ist schon die Einwirkung, welche der Nerv nach 48stündigem Liegen in der $^3/_4$ % Kochsalzlösung erleidet: Hier überwiegt in den gut zerzupften Fasern die Anzahl solcher, in welchen der Axencylinder gelöst ist. Legt man solche Fasern, welche 48 Stunden in dieser Kochsalzlösung gelegen haben, ohne sie zu entmarken, in die *Moleschott*'sche Lösung und untersucht nach längerem Liegen, so ist in dem grössten Theil der Fasern von dem breiten centralen Gebilde, wie es sich in frisch mit der Lösung behandelten darbietet, Nichts mehr zu sehen. Die Fasern sind wesentlich verschmälert, bieten dasselbe Bild, wie ich es schon bei der vorhergehenden Behandlung mit destillirtem Wasser erwähnt habe und enthalten eine grosse Menge feiner Körnchen; hier und da haben sich auch jene schon bekannten Stulpen gebildet, die jedoch jetzt nur um die innere meist zusammengefallene Scheide gelagert sind. Vereinzelte Fasern enthalten auch noch den breiten Axencylinder. Es ist somit in einem grossen Theil der Fasern der Axencylinder gelöst.

Noch rascher erfolgt das Verschwinden des Axencylinders in verdünnteren Lösungen. In $^1/_2$ % und $^1/_4$ % Kochsalz-

lösungen ist derselbe schon nach 24 Stunden vollständig verschwunden und ebenso in gewöhnlichem Wasser. Die Grenze der Löslichkeit dürfte nach diesen Untersuchungen wohl zwischen $^3/_4$ und einem 1 % NaCl liegen.

Dass diese leichte Löslichkeit des Axencylinders in Lösungen von Kochsalz, deren Gehalt etwa demjenigen der normalen Körperflüssigkeiten entspricht, uns sehr in Erstaunen setzte, ist wohl begreiflich. Ich werde auf weitere Ergebnisse aus diesen Befunden alsbald eingehen.

Zuvor möchte ich jedoch die Aufmerksamkeit auf eine Frage lenken, die sich an die Löslichkeit des frischen Axencylinders im Allgemeinen anschliesst. Dass aus diesem unter der Einwirkung von siedendem Alkohol eine unlösliche Modification, ein Coagulat, entsteht, habe ich schon erwähnt und es musste sich daran die Frage anschliessen, bei welcher Temperatur dieses Unlöslichwerden vor sich geht, d. h. der Axencylinder gerinnt.

Die Entscheidung dieser Frage war durch die erwiesenen Lösungsmittel für den Axencylinder ermöglicht.

Einige Vorversuche hatten gelehrt, dass die Lösung des Axencylinders bei höheren Temperaturen bis zu 45° C. in H_2O und den erwähnten NaCl-Lösungen schon innerhalb einer halben Stunde erfolgte.

Wurde nun ein frischer Nerv direct in $^1/_2$—$^3/_4$ % Kochsalzlösung von 50° C. eingelegt und die Flüssigkeit eine halbe Stunde auf derselben Temperatur erhalten, so ergab die Untersuchung nach dem Entmarken, dass der Axencylinder vollständig erhalten war und als schmales Band in der Faser verlief. Derselbe hatte sich auch während des Abkühlens und der weiteren Einwirkung des Reagens nicht mehr gelöst. Wurde an Stelle von Kochsalzlösungen destillirtes Wasser benutzt, so war jedoch nach halbstündiger Einwirkung einer Temperatur von 50° C. der Axen-

cylinder nicht erhalten, sondern gelöst. In destillirtem Wasser erfolgte die Gerinnung des Axencylinders erst bei einer Temperatur von 52° C. Dabei wurde der geronnene Axencylinder in keiner Weise von dem destillirten Wasser während des Abkühlens und durch längeres Liegen verändert. Die Gerinnungstemperatur des Axencylinders liegt sonach zwischen 50°—52° C. und differirt etwas nach den Untersuchungsflüssigkeiten.

Ausser durch höhere Temperaturen entsteht das Axencylindercoagulat aber auch durch einige Reagentien, die ich hier nur kurz anführe, da die Einzelheiten der Untersuchung uns zu weit führen würden.

So entspricht der Axencylinder von Nerven, die längere Zeit nur in kaltem Alkohol gelegen haben, vollständig dem unlöslichen Coagulat und ebenso wirken Chromsäure und die *Müller*'sche Flüssigkeit.

Kehren wir nunmehr zu einigen Fragen zurück, die sich aus der Untersuchung des Axencylinders mit Kochsalzlösungen ergaben.

Die leichte Löslichkeit des Axencylinders in Kochsalzlösungen, deren Procentgehalt demjenigen normaler Körperflüssigkeiten etwa gleich kam, musste entschieden auffallen.

Es wurde desshalb sogleich der Versuch gemacht, wie sich der Axencylinder zu der normalen Flüssigkeit selbst, zur Lymphe, verhalte.

Aus einer Anzahl Curarefröschen wurde eine genügende Menge Lymphe gewonnen und die aus frisch getödteten Fröschen entnommenen Nerven in diese eingelegt.

A priori war zu erwarten, dass sich der Axencylinder der Nervenfaser in der normalen Körperflüssigkeit vollständig gut erhalten werde, zumal ein Nervenmuskelpräparat, wie vielfach constatirt und leicht zu erweisen, in Lymphe viele Stunden erregbar bleibt. Dafür sprach ferner, dass sich am Nerven nach vielstün-

diger Einwirkung der Lymphe noch deutlich das normale electromotorische Verhalten nachweisen lässt. Doch gestaltete sich das Resultat anders, als wir erwartet hatten. Nach 24 Stunden wurde der erste Nerv aus der Lymphe entfernt und mit Alkohol und Aether entmarkt.

Die Untersuchung ergab nach der Färbung mit Hämatoxylin eine beträchtliche Differenz gegen den frisch entmarkten. An Stelle des schmalen centralen Fadens fand sich in vielen Fasern dieselbe gequollene, unregelmässig begrenzte, centrale Masse, wie sie sich ähnlich nach der Einwirkung von Essigsäure an der frischen Faser dargeboten hatte. Dieselbe war unter der nachträglichen Einwirkung von Alkohol und Aether sonach nicht geschrumpft. Doch fanden sich an diesem Präparat noch eine grosse Zahl Uebergangsstufen von dem anscheinend noch wenig veränderten Axencylinder bis zu den beschriebenen Formen. Nur in sehr wenigen vereinzelten Fasern liess sich an diesem, nur 24 Stunden der Einwirkung der Lymphe ausgesetzten Nerven ein Axencylinder oder ein Derivat desselben überhaupt nicht mehr nachweisen.

An Nerven, welche nach 48stündigem Liegen in Lymphe untersucht wurden, waren die Veränderungen schon weiter vorgeschritten. Es fanden sich an diesen schon mehr Fasern, welche den Axencylinder nicht mehr aufwiesen. Es waren allerdings noch Nerven mit etwas diffuserer Färbung und aufgequollenem centralem Inhalte vorhanden, die sich bei Untersuchung mit dem Immersionssystem von denselben Tags zuvor sichtbaren Gebilden nicht unterschieden. Doch überwogen bei diesen Nerven die anscheinend leeren Scheiden schon bedeutend.

Noch deutlicher traten diese Erscheinungen in denjenigen Nerven auf, die 72 Stunden (im Winter) in Lymphe gelegen hatten. Hier waren auch jene mehr diffus und schwach gefärbten, unregelmässig verbreiterten centralen Massen nicht mehr nachweisbar:

die inneren Scheiden machten hier den Eindruck vollständig leerer Hülsen.

Dass diese Einwirkung der Lymphe auf den Axencylinder für uns mehr als überraschend war, brauche ich wohl nicht zu erwähnen. Der Umstand, dass ein Nerv in Verbindung mit seinem Muskel in Lymphe Stunden bis Tage lang seine Erregbarkeit behält, hatte eine derartige Einwirkung keineswegs erwarten lassen. Diesem Erhaltenbleiben der Erregbarkeit des Nervmuskelpräparates in Lymphe entsprach aber noch eine weitere Thatsache. Bekanntlich treten nach der Durchschneidung und Trennung eines Nerven von dem Centralorgan in dem peripheren Stück jene Degenerationsvorgänge ein, in Folge deren der Nerv im Laufe einer Reihe von Tagen faradisch und galvanisch unerregbar wird, während sich im Muskel selbst jene Veränderung der Erregbarkeit vollzieht, welche *Erb* als Entartungsreaction bezeichnet hat. Doch sind zum Ablauf der Degeneration des Nerven beim Frosch stets einige Wochen nothwendig, während in den ersten 24—72 Stunden nach der Durchschneidung eine Veränderung nur an der Schnittstelle nachweisbar ist. Nach *Engelmann*[1]) findet im Lauf der ersten Tage eine Degeneration der Faser bis zum nächsten *Ranvier*'schen Schnürringe statt; aber abgesehen von diesem minimalen Stücke ist der Nerv vollständig erregbar und zeigt, wie ich mich beim Frosch stets zu überzeugen Gelegenheit hatte, einen deutlichen Axencylinder.

Allerdings lagen bei diesen einfachen Durchschneidungen die Verhältnisse insofern anders, als der Nerv hierbei noch mit seinem peripheren Endorgan, der Nervenendplatte im Muskel einerseits und dem sensibeln Endorgan andererseits in Verbindung war. Dass dem einen von diesen, der Nervenendplatte, ein Theil

[1]) *Pflüger*'s Archiv, Bd. XIII.

der Ernährung der Nervenfaser zufällt, hat *Kühne*[1]) schon vor längerer Zeit aus Versuchen mit Curare und Unterbindung der Muskelarterien geschlossen, eine Ansicht, die, wie ich[2]) gezeigt habe, auch beim Menschen in dem Verhalten der Nerven bei der Mittelform der Entartungsreaction ihre volle Bestätigung findet.

Diese Erwägungen führten zu der Frage, wie sich der Axencylinder innerhalb des Körpers selbst verhält, wenn der Nerv nicht nur vom Centrum, sondern auch vom peripheren Endorgan getrennt ist.

Es wurde desshalb bei einer Anzahl von Fröschen der N. ischiadicus doppelt durchschnitten und zwar in der Art, dass das obere Ende entweder nach dem Austritt aus dem Becken oder mit Eröffnung des Wirbelkanals in seinen Wurzeln durchschnitten wurde, das untere Ende kurz vor dem Eintritt in die Unterschenkelmuskeln in der Kniekehle. Mit Belassen des Nerven in dem Körper wurden die Hautwunden möglichst gut genäht.

Nach 24 Stunden wurde der erste Frosch getödtet und der Nerv mit Alkohol und Aether entmarkt, und nach je weiteren 24 Stunden die folgenden. Der erste Nerv, welcher 24 Stunden nach der doppelten Durchschneidung im Körper verblieben war, zeigte nach der Entmarkung und Färbung mit Hämatoxylin denselben gequollenen Axencylinder, wie der in Lymphe ausserhalb des Körpers einen Tag behandelte. Am Stärksten ausgesprochen war diese Veränderung nicht zu weit vom Schnittende, weniger nach der Mitte des resecirten Stückes, wo sie allerdings ebenfalls nicht zu verkennen war. Dabei muss man sich selbstverständlich vor Verwechselung mit solchen Fasern hüten, die sich oberhalb der Kniekehle vom Nervus ischiadicus trennen und demgemäss mit

---

[1]) Archiv f. Anatomie, Physiologie etc., von *Reichert* und *Du Bois-Reymond*, Jahrg. 1860.

[2]) Archiv f. Psychiatrie und Nervenkrankheiten, Bd. VIII, Heft 3.

ihrem peripheren Endorgan noch in Verbindung sind. Nahe dem Schnittende der Faser war aber der Process schon weiter vorgeschritten. Es fanden sich hier schon Fasern, in welchen keine gequollene Masse die Axencylinderscheide mehr ausfüllte.

Nach 48 und 72 Stunden war in der grösseren Mehrzahl der Fasern der Axencylinder verschwunden. Hauptsächlich war Dieses der Fall, wenn das Präparat von dem obern oder untern Schnittende genommen wurde; mehr nach der Mitte eines langen resecirten Stückes waren noch mehr Reste des Axencylinders nach zwei und auch drei Tagen vorhanden.

In kurzen 10—20 mm. langen Stücken eines Nerven liess sich nach 72 Stunden in der Regel keine Spur eines Axencylinders mehr nachweisen. Dass dieser Process nicht mit der einfachen Degeneration des Nerven verwechselt werden darf, bei welcher die Faser im Laufe von 2—3 Tagen etwa bis zum nächsten *Ranvier*'schen Schnürring abstirbt, brauche ich wohl kaum hinzuzufügen[1]).

Diese Löslichkeit des Axencylinders in Lymphe und im Körper selbst dürfte für unsere Auffassung von den Ernährungs-

[1]) Ich muss hier noch auf zwei Versuche aufmerksam machen, welche *Ranvier* kurz in seinen Leçons erwähnt. Einmal durchschnitt er den N. ischiadicus doppelt und liess das resecirte Stück an seiner Stelle, und dann führte er das herausgeschnittene Stück in die Peritonealhöhle ein und liess es hier drei Tage. Aus dem Verhalten des Markes und der Kerne bei der Untersuchung glaubte *Ranvier* schliessen zu müssen, dass der Process bei doppelter Durchschneidung mit demjenigen der einfachen Degeneration identisch sei. Diese Anschauung *Ranvier*'s dürfte durch obige Versuche vollständig erledigt sein. Wenn ich im Text nicht näher darauf eingegangen bin, so geschah es einerseits desshalb, weil meine Arbeit in der jetzigen Fassung schon fast abgeschlossen war, als mir *Ranvier*'s Werk zugänglich wurde, andererseits, weil ich auf Grund der neugewonnenen Gesichtspunkte über den Axencylinder dazu geführt wurde, die Vorgänge bei der Degeneration der Nervenfasern einer erneuten Prüfung zu unterziehen. Bei Mittheilung der Resultate dieser Untersuchung werde ich Gelegenheit nehmen, auf die *Ranvier*'sche Anschauung zurückzukommen.

vorgängen in den nervösen Leitungsbahnen von wesentlicher Bedeutung sein. Jedenfalls ist durch diesen Versuch die Annahme einer Selbstständigkeit des Axencylinders in Beziehung auf Ernährung und Absterben ausgeschlossen. Wir müssen in Betreff einer ständigen Ernährung des Axencylinders somit hauptsächlich auf die Endorgane recurriren, und zwar sowohl auf die centralen, als auf die peripheren.

Sind auch unsere Kenntnisse der degenerativen Veränderungen nach Nervendurchschneidungen noch in keiner Weise abgeschlossen, so steht doch soviel fest, dass das centrale Ende eines Nerven bis auf geringe Veränderungen an der Schnittfläche lange Zeit vollständig normal bleibt. Dass sich in späterer Zeit, wahrscheinlich in Folge des Nichtgebrauches, auch hier Veränderungen einstellen, können wir als für unsere jetzigen Fragen unwesentlich übergehen. Jedenfalls aber beweist dieses Erhaltenbleiben des centralen Endes eines Nerven, in Verbindung mit unsern Resultaten, dass die Endorgane der Axencylinder in den Centralorganen, die Ganglien des Rückenmarks zur Ernährung des Axencylinders ausreichen. Was das periphere Stück eines einfach durchschnittenen Nerven betrifft, so tritt hier jene bekannte Degeneration ein; aber bei diesen verhältnissmässig langsam verlaufenden Degenerationen bleibt der Axencylinder doch eine Reihe von Tagen erhalten. Und dem entsprechend bleibt auch der Nerv, wenigstens in seinem grössern Theil, eine Reihe von Tagen erregbar. Wenigstens lässt sich von den motorischen Fasern aus noch lange eine Zuckung im Muskel auslösen. In den sensibeln Fasern lässt sich die Leitung der Erregung selbstverständlich nicht nachweisen; aber auch deren Axencylinder bleibt erhalten.

Somit müssen wir einen Theil der Ernährung der Axencylinder auch den peripheren Endorganen, an den Nervenendplatten in den Muskeln einerseits, und den sensibeln Endorganen andrerseits zuschreiben. Da aber die Nerven trotz der Ernährung von

dieser Seite her degeneriren, so fällt mit der Trennung von dem Centralorgan noch ein Einfluss fort, den wir entweder in einer gewissen Regulation der Ernährung suchen können, oder indem wir annehmen, dass die Ernährung durch diese diejenige der peripheren Endorgane übertrifft und letztere daher nur eine gewisse Zeit die gesammte Arbeitslast übernehmen können.

Allerdings kann diese Anschauung einer Ernährung der Nervenfasern nicht als neu bezeichnet werden. Schon oben habe ich erwähnt, dass *Kühne* aus experimentellen Untersuchungen zu demselben Resultat gekommen ist, und dass diese Resultate auch in der Neuropathologie volle Bestätigung finden.

In neuester Zeit sind aber von *Ranvier*[1]) die Ernährungsvorgänge im Nerven anders aufgefasst worden.

Ranvier hat bekanntlich an Silber-Präparaten zuerst den bekannten Schnürring nachgewiesen. Er glaubte, dass an diesen Stellen das Mark vollständig fehle und fand diese Ansicht auch durch einige andere Reagentien, von welchen ich oben schon die Osmiumsäuren erwähnt habe, bestätigt. Da an diesen Schnürringen krystalloïde Substanzen, wie Lösungen von Argentum nitricum u. s. w. leicht nach dem Innern der Faser diffundirten, so schloss *Ranvier*, dass auch im lebenden Nerven hier eine Diffusion statthabe, und dass von hier aus die Ernährung des Axencylinders erfolge.

Ich habe schon oben darauf hingewiesen, dass aus den Markunterbrechungen, wie sie in verschiedenen Reagentien hervortreten, das Vorhandensein dieser in der lebenden Faser noch keineswegs geschlossen werden darf. Noch ungerechtfertigter aber dürfte es sein, aus postmortalen Diffusionen, wie sie nicht nur an dem Schnürringe, sondern auch an andern markleeren Stellen auftreten,

---

[1]) Recherches sur l'histolog., Arch. d. Physiol., Tome IV, 1871—72; ferner: Leçons sur l'histol. du système nerveux, Paris 1878.

auf solche in der lebenden Faser zu schliessen und darauf eine Hypothese über die Ernährung des Axencylinders zu bauen.

Die Thatsache, dass der Axencylinder nach der Trennung von seinem centralen und peripheren Endorgan einem raschen Zerfall anheimfällt, beweist wohl vollständig, dass demselben eine Selbstständigkeit der Ernährung nicht zukommt.

Bei der seitherigen Untersuchung habe ich von einer Frage fast ganz abgesehen, die seit *M. Schultze's* bekannter Arbeit in der Histologie der Nervenfaser eine grosse Bedeutung erlangt hat. Sie betrifft die angeblich fibrilläre Structur des Axencylinders.

Eine grosse Anzahl Forscher schloss sich dieser Ansicht über die Zusammensetzung des centralen Gebildes der Primitivfaser an; Andere sprachen sich dagegen aus. Doch fehlte eine Erklärung für die Bilder, wie sie nach Argentum nitricum auftreten, vollständig, bis *Kuhnt*, nach dem sichern Nachweis der Axencylinderscheide die fibrilläre Zeichnung auf eine Faltenbildung und Färbung dieser zurückführte. Er führte für diese Anschauung einige wichtige Gründe an.

Dass eine fibrilläre Streifung auch nach Auflösung des Axencylinders an der Scheide desselben hervortritt, habe ich schon oben beiläufig erwähnt. Nervenfasern, deren Axencylinder durch 24stündige Einwirkung von destillirtem Wasser gelöst sind, zeigen im Innern der Faser, an Stelle des anfänglich gequollenen Axencylinders, ein schmäleres Gebilde mit deutlichen Längsstreifen.

Dieser Befund legte es nahe, Fasern, deren Axencylinder gelöst war, unter der Einwirkung von Argent. nitr. zu untersuchen. Durch die Lösung im Körper nach der doppelten Durchschneidung schien die Möglichkeit der Färbung wenigstens ebenso vorhanden, wie für andere frische Präparate.

Zu diesem Zweck wurde der doppelt durchschnittene N. ischiadicus eines Frosches nach 4tägigem Verbleiben in dem Körper, gut zerzupft, der Einwirkung von Arg.-nitr.-Lösung ausgesetzt und nach gutem Auswaschen dem Sonnenlicht exponirt.

Nach längerer Einwirkung von absolutem Alkohol und Einbetten in Canadabalsam zeigte das Präparat dieselbe Zeichnung, wie die frischen, ihren Axencylinder enthaltenden Fasern. Man sieht an den Schnürringen dieselben schwarzen Kreuze, wie sie *Ranvier* zuerst dargestellt hàt; und von ihnen aus lässt sich deutlich der angebliche Axencylinder mit den abwechselnden dunkeln und hellen Querstreifen, hie und da auch mit fibrillären Längsstreifen in der ganzen Länge der Faser bis zum Schnittende verfolgen. Die Färbung gelang mir stets gut, auch an Fasern, die nur drei Tage, oder auch längere Zeit, bis zu sechs Tagen im Körper verblieben waren. Dabei überzeugte ich mich durch Controlpräparate stets, dass der Axencylinder wirklich verschwunden war.

Damit ist auf das Evidenteste bewiesen, dass der mit Argentum nitricum seither deutlich gemachte centrale Theil der Faser unmöglich der Axencylinder sein kann, dass also alle aus der Behandlung mit dem Silberreagens entstandenen Angaben über die Structur des Axencylinders, die fibrilläre Zusammensetzung einerseits, und die nervous elements *Schmidt*'s [1]), sowie die disques *Grandry*'s [2]) andererseits, nur aus der Färbung anderer Gebilde entsprungene Irrthümer sind.

Heidelberg, den 1. August 1878.

---

[1]) *Monthly*, microscop. journ. 1874, XII.

[2]) Bulletin de l'academie royal de Belgique, T. XXV.

Zur Histologie der motorischen Nervenendigung.

Von W. Kühne.

(Mit sieben Holzschnitten.)

Durch die Arbeiten der letzten Jahre sind die vor geraumer Zeit von mir beschriebenen Formen der motorischen Nervenendigung erfreulicher Weise soweit bestätigt, dass dieselben der experimentellen physiologischen Bearbeitung als Grundlage zu dienen beginnen. Es ist den Methoden des Versilberns und Vergoldens zu danken, dass die im Ueberleben und Absterben immer noch schwer erkennbaren Bilder der intramuskularen Nervenverästelung heute allgemeiner bekannt geworden und dass es nur Wenige mehr giebt, welche nicht den Hauptresultaten jener Untersuchungen zustimmten. Darnach giebt es zwei Arten oder Typen der Nervenendigung, die eine nur bei den Amphibien (vielleicht auch bei den Fischen, mit Ausnahme der Rochen) vorkommende, mit weniger verästelten aber verhältnissmässig lang gestreckten Axencylindern von nahezu unveränderlichem Querschnitte (auch blasse Terminalfasern, französisch: „tiges“ oder „fibres pâles“ genannt), welche ich zuerst am Frosche beobachtete, die andere später von mir in den Nervenhügeln der Reptilien und Säuger gefundene, in Gestalt einer gelappten, durch vielfache Verästelung in sich zurückrankenden, stellenweise Anastomosen bildenden Platte. Die letztere ist in den ersten Minuten des Ueberlebens von so ausserordentlicher Durchsichtigkeit und von

ihrer Umgebung wenig verschiedenen Lichtbrechung, dass sie von Manchen ganz geleugnet, oder wegen des erst im Absterben deutlicheren Hervortretens für ein blosses cadaveröses Product genommen wurde, während man von anderer Seite zu verstehen gab, das Bild sei durch geronnenes in den *Doyère*'schen Hügel getretenes Nervenmark vorgetäuscht. Da meine ursprüngliche Angabe über die Veränderlichkeit und Zunahme der Lichtbrechung in der Platte nach dem Tode soeben wieder Bestätigung gefunden und die Goldmethode inzwischen auch Diejenigen für die reale Existenz der Platte eingenommen hat, welche nach den Versilberungsbildern noch Zweifel hatten, so darf wenigstens Dies für erledigt erachtet werden, dass nicht nur zwischen meinen Angaben über das ausschliessliche Vorkommen sog. blasser Terminalfasern bei den Amphibien und solchen Angaben, welche diese von mir gefundene Form intramuskularer Axencylinder den Nervenhügeln der übrigen Thiere ebenfalls zuschrieben, keine Gemeinsamkeit besteht, sondern dass auch das Object in Wahrheit Nichts davon zeigt. Der Unterschied zwischen meiner Darstellung der Platte im Nervenhügel und derjenigen, welche darin blasse Terminalfasern sah, ist grösser, als der zwischen einem entlaubten Weidenaste und dem Schaufelgeweihe des Damhirsches.

Eine der Darstellungsweisen der motorischen Nervenendigung mittelst der Vergoldung, habe ich die Freude gehabt, unter meinen Augen entstehen zu sehen (vergl. *A. Ewald. Pflüger*'s Archiv Bd. XII., S. 529), während ich durch die Güte des Verfassers der andern, die Vergoldung lehrenden Abhandlung (*E. Fischer*, Arch. f. mikroskop. Anat., Bd. XIII, S. 365) Gelegenheit fand, auch die nach der *Löwit*'schen Methode erhaltenen Präparate, namentlich von Säugern und Vögeln zu sehen und mit den sehr getreuen Abbildungen des Autors zu vergleichen. Weniger bekannt, als diese werthvollen Arbeiten, dürfte die neueste wieder mit der Silbermethode durchgeführte Untersuchung von *Ciaccio*

(Mem. d. Accad. d. Sc. d. Inst. d. Bologna, Ser. III, Tom. VIII, 17. Mag. 1877) geworden sein, welche an dem vermuthlich günstigsten Objecte der Muskeln von Torpedo, wo *Trinchese* die Untersuchung schon mit manchem Erfolge begonnen, zu genau denselben, meine auf die Reptilien und Säuger bezüglichen Angaben bestätigenden Resultaten gelangt, wie vor 14 Jahren *Cohnheim*. Ich selbst kann behaupten, den Gegenstand seitdem niemals verlassen zu haben, und da mir die inzwischen erworbenen Erfahrungen über die Hornscheiden der Nervenfasern eine Untersuchung der freien Axencylinder in den Endigungen, oder deren Umformungen in den Muskeln, auf jenen verbreiteten Bestandtheil des Nervensystems zur Pflicht machten, so darf ich hoffen, dass einige daran anknüpfende Mittheilungen über die motorische Nervenendigung willkommen sind.

Besitzen die intramuskularen Nerven Scheiden?

Verdauungsversuche an Muskeln mit Nervenenden angestellt, zeigten vollkommene Zerstörbarkeit des ganzen marklosen intramuskularen Antheiles; da die Methode jedoch den Eigenthümlichkeiten des Objectes wenig entsprach, habe ich mich noch eines zweiten Mittels bedient, das für die innere Hornscheide (Axencylinderscheide von *Remak* und *Kuhnt*) vortreffliche Dienste leistete und sich für den vorliegenden Zweck leicht auf die Muskeln ausdehnen liess. Dasselbe besteht in der von *Moleschott* auch zur Isolirung von Axencylindern u. A. angegebenen Mischung von 1 Vol. Eisessig mit 1 Vol. Alkohol und 2 Vol. Wasser, welcher der Erfinder bereits nicht zu viel nachgerühmt hat. Es gelang mir leicht, von Nerven, die 8—14 Tage darin verweilt hatten, die Axencylinder auf so lange Strecken wohl erhalten zu isoliren, wie es *Moleschott* angibt, ich fand aber, dass sie in der Regel bekleidet von der inneren Hornscheide, die sie nicht mehr ganz erfüllen, zum Vorschein kommen. Die Scheiden sind oft

besetzt mit seitlichen Anhängen oder Stücken der Stulpen, welche den mit Mark gefüllten Abtheilungen der Nervenfaser entsprechen, die von *Schmidt* und *Lantermann*, *Key* und *Retzius* u. A. entdeckt und beschrieben worden. Da die in Fig. 1 gezeichneten Anhängsel weder durch Chloroform, noch auf dem Objectträger durch Trypsin- oder Pepsinverdauung veränderlich sind und durch Aetzkali von 5—10 pCt. ohne Erwärmen in einigen Stunden nicht aufgelöst werden, so ist die Verschiedenheit dieser Hüllen von Myelin- oder Albuminstoffen des Markes und die Identität mit dem Neurokeratin der inneren Hornscheide und der anhaftenden Bruchstücke des Hornnetzes ausser Zweifel.

Fig. 1.

Innerhalb seiner Hornscheide ist der Axencylinder nach blosser Behandlung mit *Moleschott*'s Mischung als ein besonderer Strang gut zu erkennen. Beständen nun die motorischen Nervenplatten, oder die blassen Terminalfasern der Amphibien aus einem nervösen Inhalte mit umgebender Hornscheide, so wäre ein entsprechendes, wenigstens stellenweise zwei Contouren zeigendes Bild im Nervenhügel, oder im Froschmuskel zu erwarten. Ich habe indess an den Muskeln der Eidechsen niemals etwas davon bemerken können, obschon es mir oft gelang, die freilich nach längerer Einwirkung des Reagens sehr schmal gewordene Platte mit ihren Verästelungen über dem hellen Muskelinhalte und der ebenfalls recht durchsichtig gewordenen Plattensohle, deren Kerne stark geschrumpft waren, zu erblicken. Die Contouren erschienen überall einfach. Da sich die intramuskularen Nerven beim Frosche nicht anders verhielten, muss ich mit *Ewald* schliessen, dass die an Goldpräparaten der Frosch- und Eidechsenmuskeln zuweilen be-

merkten helleren Säume, welche die tief gefärbten Ausbreitungen des Axencylinders umgeben, nicht auf wirkliche Scheiden zu beziehen sind, sondern auf Ansammlungen eines formlosen, durch Gold nicht zu färbenden Materials, um die zusammengeschrumpften nervösen Antheile. Die genannten Bilder zeigten sich öfter an vergoldeten Endplatten der Eidechse, welche Herr *Borel* aus Neuchâtel im hiesigen Laboratorium in grosser Zahl und Vollendung hergestellt hatte, aber wir haben uns auch an diesen Präparaten nicht überzeugen können, dass die äussere, zum Muskel oder zur Plattensohle gerichtete Grenze jemals bestimmt genug gewesen wäre, um auf eine häutige Umhüllung schliessen zu lassen. Allerdings halte ich die Frage damit nicht für erledigt, denn es liegt immer noch die sehr bestimmte Angabe über intramuskulare, sogar mit Kernen versehene Axencylinderscheiden bei Torpedo von *Trinchese* vor (Journ. de l'Anat. et de la Physiol. 1867, p. 485), über welche ich bei meiner Unbekanntschaft mit diesem Objecte kein Urtheil besitze. Was ich in den Jahren 1868—1871, gelegentlich eines Aufenthaltes in Holland, an freilich nie im genügend frischen Zustande erreichten Exemplaren von *Raja* zu sehen bekam, sprach eher für, als gegen die Richtigkeit von *Trinchese*'s Beobachtungen. Somit bleibt mir nur Sicherheit hinsichtlich des einen Umstandes, dass die motorischen Nerven nur soweit Hornscheiden besitzen, als deren Markscheide reicht und von dieser erwies ich bekanntlich früher, dass sie sich genau bis zum Durchtritte durch das Sarkolemm, oder die Hügelmembran, niemals weiter erstreckt, ein Umstand, dessen auch *Ranvier* (Leçons: Syst. nerv. II, Paris 1878) in seiner sehr ausführlichen Schilderung dieser Verhältnisse gedenkt.

Gestalt und Bau der Endplatten.

Trotz der Pracht und Deutlichkeit gut gelungener Vergoldungspräparate glaube ich warnen zu sollen, dieselben hinsicht-

lich der an der Platte zu constatirenden wichtigen Einzelheiten für ganz massgebend zu halten. Es mögen zwar manche nach *Gerlach*'s oder *Ewald*'s Verfahren gewonnenen Objecte die Platte in Gestalt und Grösse nahezu dem leidlich frischen Zustande entsprechend zur Anschauung bringen, die meisten thun es dagegen sicher nicht, am Wenigsten die nach *Löwit*'s Methode hergestellten, obgleich auch unter diesen Manches kaum zu bemängelnde vorkommt. *Fischer*'s Abbildungen (l. c. Taf. XXV, Fig. 11, *A B C*, Taf. XXVI, Fig. 12, 13) zeigen zum Theil deutlich, dass die Methode oft starke Einkerbungen und vollkommene Abschnürungen ganzer Lappen erzeugt, und ich habe dieselbe Erscheinung nicht nur nach diesem, sondern auch nach jedem anderen Vergoldungsverfahren häufig in solchem Grade auftreten sehen, dass von der Platte Nichts im Nervenhügel kenntlich blieb, als eine Anzahl völlig voneinander getrennter, tief gefärbter Kugeln oder keulenförmiger Gebilde. Den intramuskularen Axencylindern der Amphibien fehlt bekanntlich nach der Vergoldung ebenfalls zuweilen das glattere Ansehen des frischen Zustandes und es treten daran dieselben unvollendeten oder totalen Abschnürungen, oft unter Vorstülpung seitlich anhaftender Knöpfchen auf. Können so unzweifelhaft continuirliche Gebilde, deren Zusammenhang Jeder zugibt, zerklüftet und gesprengt werden, so darf man sich nicht wundern, wenn die Methode hinsichtlich der wichtigen Frage, ob die Platte Anastomosen besitzt, in vielen Fällen den Dienst versagt. Bei der Silbermethode sind jene Abschnürungen, die ganze Theile der Platte ersichtlich aus jeder Verbindung mit ihren Wurzeln lösen, bis jetzt weniger, meist erst nach späterer Misshandlung beachtet, es ist daher natürlich, dass sie die Anastomosen fast immer, zum Mindesten viel häufiger zeigt, als es die Goldpräparate ahnen lassen, und dass sämmtliche Forscher, die sich ihrer bedienten (*Cohnheim*, *Ewald*, *Ciaccio*), dieselben beschreiben

und abbilden. Umgekehrt kann in der gelegentlichen Erhaltung der Anastomosen nach dem Vergolden nur ein starker Grund für ihre Præexistenz gefunden werden, da man von einem Mittel, das natürliche Verbindungen trennt, nicht füglich annehmen kann, dass es neue anknüpfe; Niemand wird daher zweifeln, auf wessen Seite er zu treten habe, wenn die Goldmethode, wie es bei der Bearbeitung der motorischen Nervenendigung und der elektrischen Endplatten von Torpedo vorgekommen, dem einen Beobachter die Anastomosen zeigte, dem andern nicht.

In vieljähriger Vertrautheit mit dem Gegenstande bin ich nach Vergleichung der im Nervenhügel innerhalb aller Stadien des Ueberlebens auftretenden Figuren immer wieder zu der Ueberzeugung gekommen, dass man die Endplatte im allerfrischesten Zustande bereits angedeutet findet, obschon ich mich vergeblich bemühen würde, den Anblick durch Zeichnungen ganz meinen Wünschen entsprechend wieder zu geben. Heute, wo nach den Goldpräparaten Niemand mehr an der Existenz der Platte zweifelt, scheint darauf vielleicht nicht viel mehr anzukommen, ich muss aber Gewicht darauf legen, weil die bekannter gewordenen Bilder der durch vielerlei Einflüsse daraus entstandenen Umwandlungen erst verständlich werden und den vollen Werth erlangen, wenn man die frische Platte kennt.

Das beste Mittel, den allerfrischesten Zustand zu beobachten, scheint mir immer noch in der Verwendung überlebender Eidechsenmuskeln bei niederer Temperatur zu liegen, indem man zwischen Eisstücken schon im Leben abgekühlten Thieren die kaum mehr reagirenden und darum besonders glatt zu zerfasernden Muskeln entnimmt und nach dem Einlegen in ebenfalls gekühlte physiologische Salzlösung durch alle Stadien der Wiedererwärmung und der rückkehrenden Reactionsfähigkeit untersucht. Die Platte erscheint dann entweder, je nach der Unterlage, nicht contourirt, wie ausgespart, oder mit verwischten Umrissen versehen, und in

der ersteren Weise begrenzt, wo die feinkörnige Sohle sie umrahmt, in der letzteren, wo der gestreifte Muskelinhalt die Nachbarschaft bildet; es können also nur diejenigen Platten in ihrer ganzen Ausdehnung das Bild eines ausgesparten Musters geben, deren Ränder sämmtlich von Sohlensubstanz überragt werden, was der weniger häufige Fall ist. Ich habe einen solchen in Fig. 36 b, S. 159 des *Stricker*'schen Handbuches abgebildet. In den meisten und gerade in solchen Fällen, welche wegen geringerer Complication der von der Platte erzeugten labyrinthischen Zeichnung zur Orientirung den Vorzug verdienen, nimmt die Kerne führende, punktirte Sohle nicht die ganze untere Fläche der Platte ein, so dass dieselbe nur an einigen Stellen von dieser, an vielen anderen direct von Muskelsubstanz begrenzt wird. Folge davon ist das Auftreten von Contouren, wenn auch diffusen, die den zu unbelegter Muskelsubstanz gewendeten Rand eines Lappens in anderer Weise, als die übrigen von der Sohle überragten, und namentlich die Wurzeln der Platte an der zutretenden markhaltigen Nervenfaser, wo die Sohle häufig fehlt oder zu schmal ist, leidlich scharf, die daraus entspringenden Lappen durch den Gegensatz noch verwaschener erscheinen lassen. Wo man das erstere sieht, kann ein breiter Lappen für eine schmale Faser, nicht breiter, als es dessen einer Contour ist, oder bei Beachtung auch des andern Randes für das Bild von zwei solchen am Ende einander zustrebenden Fasern, gehalten, wo das letztere vorliegt, ein kurzer und nicht selten natürlich auch mässig verästelter Stummel, für das ganze Nervenende genommen werden, der in Wirklichkeit nur die Wurzel eines sich reich entfaltenden Plattenlappens ist. Erwägt man hierzu, dass ein nicht körnig begrenzter Rand oft stellenweise wieder seitlich von Ausbuchtungen der Sohle überragt wird, so begreift man das thatsächlich zu beobachtende, anfänglich so räthselhafte Abbrechen und Wiederauftauchen der genannten Contouren. Ich glaube, dass ich nie-

mals von diesen Bildern zur Erkenntniss der wirklichen Gestalt der Platte gelangt wäre, wenn ich nicht zeitig auf die selteneren, verhältnissmässig einfachen Formen (vergl. Taf. XIV, Fig. 4, *Virchow*'s Archiv, Bd. XXIX) gestossen wäre, welche solche Muskelfasern darbieten, die kaum eine Prominenz am Orte des Nervenzutrittes und jene mehr langgestreckten Verästelungen einer mässig gelappten Platte besitzen, und wenn ich nicht an den verwickelteren die Entstehung der cadaverösen Veränderungen nach Form und Lichtbrechung verfolgt hätte.

Indem ich die letztere Untersuchung wieder aufnehme, muss ich vor Allem den Irrthum hervorheben, in den das Verkennen der oben erörterten Ueberlebensbilder führt. Wer die anscheinend kurzen und zu schmalen Contourzeichnungen für die der ganzen Platte nimmt, muss selbst dann noch, wenn er die im Laufe der Contouren fehlenden Stücke ergänzt, die Platte für weniger umfangreich, hauptsächlich für viel schmäler halten, als sie ist. So sind die nach meinen Publicationen von Anderen veröffentlichten Bilder von Nervenhügeln entstanden, welche den darin vermeinten blassen Terminalfasern wohl die reichere, eigenartige, in sich zurückneigende Verästelung (franz.: „arborisation") im Sinne einer Zustimmung zu meiner Auffassung ertheilen, aber von der Ausbreitung in Lappen Nichts erkennen lassen. Ich kenne keine Nervenhügel mit so schmalem Geäste, bei so mächtiger Sohle, wie die von *Frey* (Handb. d. Histol., 5. Aufl., S. 348) als ausdrückliche Bestätigung meiner Angaben abgebildeten, aber ich verstehe, wie die Platte dazu gekommen, in der von *Frey* als „geweihförmige" Figur bezeichneten Weise dargestellt zu werden und zweifle kaum, dass der Autor, bei erneutem Eingehen auf den Gegenstand, zu weiterer Uebereinstimmung mit mir gelangen wird.

Hält man die Verzweigungen der Platte im Ueberleben für schmäler, als sie sind, so kommt man zu der durch keine Beobachtung zu unterstützenden Annahme, dass sie durch Absterben,

ja selbst unter der Einwirkung von Goldsalzen, oder von verdünntem Alkohol, grösser, besonders breiter werden. Man vergleiche die Zeichnungen *Ewald*'s (l. c. Taf. VII, Fig. 9 u. 10), *Fischer*'s und *Ranvier*'s (Leç. II, Taf. VII, Fig. 2) von vergoldeten Endplatten, mit der vorgenannten, und selbst mit *Ranvier*'s (l. c. Taf. VIII, Fig. 1) eigener Abbildung eines frischen Präparates, und man wird das Volumen der gehärteten Platten überall grösser finden, als das der frischen.

Zur weiteren Erörterung der am motorischen Nervende beachtenswerthen Einzelheiten möge die Abbildung, Fig. 2, eines ohne Reagentien hergestellten Präparates dienen. Dieselbe stellt vielleicht das beste und klarste Object dieser Art vor, das mir jemals zu Gesichte gekommen und ich kann behaupten, dass keine Linie des Holzschnittes abweicht von der Copie, die ich davon mittelst des Zeichenprismas in der objectiven Weise anfertigte, dass ich die Bleifederspitze nur im Anfange des Nachziehens leidlich erkannte. Wenn man bei dieser Art zu zeichnen, die Linien nachträglich continuirlich und nach so verwickeltem Verlaufe glatt in sich zurückkehrend findet, empfängt man die grösste überhaupt erreichbare Sicherheit über die Treue der Copie, die ich übrigens in diesem Falle noch durch das Zeugniss mehrerer competenter Beobachter verstärken konnte. Ich habe die

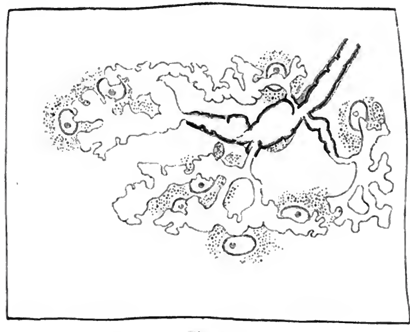


Fig. 2.

Figur nach einer vollkommen isolirten Muskelfaser aus dem Oberschenkel von Lacerta muralis mehrere Male hintereinander gezeichnet, zuerst so, dass ich das Bild aus den vorerwähnten unvollkommenen Andeutungen zu construiren suchte. Doch blieben mir im ersten Stadium die Gestalten des in der Figur unteren Theiles der Platte, namentlich die dort befindliche Anastomose unklar und von dem kleinen rechts befindlichen Lappen sah ich fast Nichts. Der Holzschnitt entspricht dem etwa $^1/_2$ Stunde nach Herstellung des Präparates sichtbar Gewordenen, woran ich die an einzelnen Stellen stärker in die Lappen einspringenden Ränder für den Ausdruck nicht mehr normaler Falten und Einkerbungen halte. Die ganze Zeichnung, verglichen mit den zuvor entworfenen, hat mich sehr entschieden überzeugt, dass die anfangs festzustellenden Grenzen jedes Lappens weiter von einander liegen, als die später schärfer hervortretenden, dass die Platte also im gewöhnlichen Absterben schon etwas schmäler wird.

Von Einzelheiten des Bildes wäre Folgendes zu erwähnen: Die zutretende Nervenfaser auf dem Sarkolemm zeigt eine den Endbüschen der Amphibien ähnliche Verzweigung in kurze markhaltige Aeste, so dass die Platte aus 4 erkennbaren Wurzeln entspringt. Dies ist bekanntlich bei Lacerta nicht immer der Fall, da sogar Platten mit einer einzigen Wurzel nicht selten sind. Doch unterliegt man darin leicht Täuschungen, denn ich habe Nervenhügel gesehen mit anscheinend zwei- bis dreiwurzeligen Platten, wo man bei genauerer Betrachtung 7—9 sehr kurze und schmale markhaltige Aestchen, zum Theil erst aus nacheinander folgenden Theilungen hervorgegangen fand. An dem extramuskularen Nerven finden sich Kerne, Bindegewebskerne der *Schwann*'schen Scheide und auf der Oberfläche des Hügels zwei ebensolche dessen in das Sarkolemm fortlaufender Membran angehörig. Diese von *W. Krause* gefundenen und als Kerne der Bindegewebsmembran bezeichneten Körper (franz.: „noyaux de l'arbo-

risation") kommen den Hügeln in sehr verschiedener Anzahl zu.

Alle Theile der Endplatte entspringen aus schmäleren Wurzeln, wie die Abbildung zeigt, von verschiedener Länge. Die Lappen der Platte bilden durch Kerben wieder mehrere kleinere, secundäre Läppchen und diese sind in ebenso auffallender Weise vielfach gegeneinander gerichtet, wie es die primären sogar verschiedener Wurzeln sind, so dass eine Aehnlichkeit mit Terrains entsteht, die früher mit einander verbunden, durch spätere Gewalten getrennt worden. An drei Stellen sieht man Anastomosen der Lappen, von welchen die rechts befindliche, welche Lappen derselben Wurzel verbindet, als unecht, als ein Loch in der Platte bezeichnet werden könnte. Diese anscheinende Wiederverbindung bereits getrennter Nervenfasern wird von Manchen als an Endschlingen erinnernd bezweifelt, oder für Täuschung durch Uebereinandergreifen erklärt. Ich zweifle nicht an dem Vorkommen des letzteren, da der Nervenhügel häufig hoch genug ist, um mehrstöckige Platten zuzulassen, aber ich finde auch da Stellen, wo auf den Brücken keine Linie zu sehen ist und kein Einstellungsversuch anschlägt, woraus Widersprüche gegen echte Anastomosen hervorgingen. Unter den Lappen der Platte liegen die bekannten Kerne des Nervenhügels (franz.: „noyaux fondamentaux"), umgeben von feinkörniger Substanz (Protoplasma), das schon an den frischesten Präparaten meist helle, die Kerne umgebende Höfe einschliesst. Man sieht diese Sohle in dem in Fig. 2 dargestellten Falle nicht gleichmässig unter der Platte verbreitet; sie liegt zum Theil unter den Lappen versteckt, zum Theil breitet sie sich daneben unter dem Sarkolemm weiter aus, aber niemals umwallt sie die Ränder der Lappen oder legt sich zwischen diese und die Hügelmembran. Es ist daher unrichtig, wenn gesagt wird, das Geäste sei in die genannte Masse vergraben. Einzelne Lappen endlich entbehren derselben ganz und

berühren den Mantel des contractilen Cylinders direct. Obwohl dies letztere nicht allen Endplatten der Reptilien eigenthümlich ist, verdient es Beachtung, denn es lehrt ebenso, wie das Vorstehen oder Ueberragen der Sohlensubstanz, dass ihre Körnchen nicht als optische Querschnitte der Fäserchen eines feinsten Nervenrasens, mit dem die ganze untere Plattenfläche den Muskel berühren sollte, aufzufassen sind. Ich habe selbst früher auf die innigere Verbindung der Sohle mit der Platte, hingewiesen, welche die Kerne und deren Umgebung der Platte, nicht dem Muskel folgen lässt, wenn der Inhalt des Nervenhügels vom Muskelgerinnsel durch Serum abgehoben wird, und darin ein beachtenswerthes Factum gefunden; aber ich würde es bedauern, wenn dies Anlass zur Aufstellung jenes Nervenrasens, die sich auch auf die elektrischen Platten von Torpedo erstreckte, und dort mit eigenthümlichen Modificationen unter dem Namen eines besonderen „Structurverhältnisses“ bewahrt wird, gegeben haben sollte.

Ueber die eben erwähnten Einzelheiten glaube ich mich heute mit um so grösserer Sicherheit aussprechen zu dürfen, weil ich ein ausgezeichnetes Mittel anzugeben vermag, mit dem es Jedem gelingen muss, dieselben zu constatiren. Es ist dies die von Dr. *Mays* mit vortrefflichem Erfolge zum Studium der Sehnenzellen verwendete Lösung des Ferrosulfates. Eine Lösung von 1 pCt. Eisenvitriol, oder des für unsere Zwecke vorzuziehenden Ammoniak-Doppelsalzes, dürfte das geeignetste Medium zur Untersuchung der Platten sein. Muskel, Platte und Nerv sterben darin ab, aber die sichtbaren Veränderungen verlaufen so allmählich, und es bleiben, ähnlich wie bei den Sehnenzellen, die Kerne und deren Umgebung so lange von fast normalem Aussehen, dass man mit aller Musse die in den folgenden Figuren 3—7 dargestellten, nach einander auftretenden Veränderungen betrachten kann. Man zerfasert die frischen Präparate gleich in

einem Tropfen der jedesmal frisch bereiteten Eisenlösung, was weit besser gelingt, als in NaCl, oder Serum, und ist dann sicher in der nächsten Minute eines der dargestellten Bilder zu sehen. Die Platte wird zunächst ausserordentlich deutlich und dürfte in diesem ersten Stadium nach Gestalt und Ausdehnung wenig vom Lebenszustande abweichen.

Fig. 3 wurde von einem solchen Objecte mit dem Zeichenprisma copirt. Es stellt ein Profilbild von möglichster Reinheit dar, das an den nicht allzu seltenen Nervenhügeln, deren längere Begrenzung fast durch eine gerade Linie zu bezeichnen ist, auftritt. Die punktirte Linie stellt die übrigen, wie man sieht, ein längliches Viereck bildenden Grenzen der gesammten Nervenendigung, nach dem Anblicke tieferer Einstellungen dar. Dieses und viele ähnliche von mir gesehene Bilder lassen in der unteren Plattenfläche radiär zum Muskelcylinder gestellte Fortsätze, Lappen oder Zapfen vermuthen, welche wenigstens an ganz besohlten Exemplaren die physiologisch wünschenswerthe directe Berührung mit der contractilen Substanz vermitteln könnten. Die das Dach der Hügelwölbung einnehmende Platte würde dann als eine auf den Cylindermantel des Muskels gelegte, von Streben oder Füssen erhobene, flache Kuppel anzusehen sein. Es wird indess auch an den besten Profilen kaum möglich sein, über diesen wichtigen Punkt zu entscheiden, da man auch Ausläufer am Rande eines Lappens, besonders solcher, die nicht bis zur Peripherie der Hügelbasis reichen, für solche Stützen halten kann. Querschnitte frischer, oder in verschiedener Weise gehärteter Muskelfasern, die darüber einst

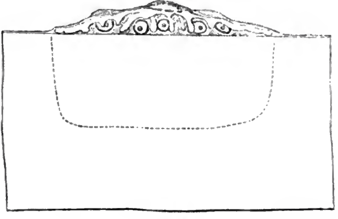


Fig. 3.

entscheiden werden, von dem Zwecke genügender Klarheit herzustellen, wollte mir bis jetzt nicht glücken. Unzweifelhaft wird durch die Profilbilder nur, dass die Platte an der Wölbung des Hügels theilnimmt, und dass die Kerne und die Körnchen nur zum Muskel hin eine Fläche bilden, während sie im Uebrigen den Dachraum unter der Wölbung ausfüllen. In dem abgebildeten Präparate wird die Sohle nach 2 Richtungen von der Platte überragt; es trifft jedoch, wie Fig. 2 schliessen lässt und häufig genug an Profilen direct zu sehen ist, auch das Umgekehrte zu.

Fig. 4 stellt eine Nervenendigung mit reichem labyrinthischen Geäste der Platte im Zustande der Anfangswirkung des Eisensalzes dar. Die Sohle ist hier sehr entwickelt, aber es gibt immer noch einzelne Stellen an den Rändern der Platte, die nicht von ihr überragt werden. In der Mitte (oben besonders) finden sich etwas über einander greifende Lappen, die unter Umständen für Anastomosen zu halten wären. Echte Anastomosen zeigen die Lappen ausserdem und man sieht es einem Theile der betreffenden Stellen an, dass sie reissen werden, wenn während weiterer Einwirkung des Reagens Schrumpfungen der Platte eintreten, was oft genug unter den Augen des Beobachters geschieht. Die sich dabei entwickelnden Veränderungen der Platte sind der Reihe nach in Fig. 5, 6, 7 dargestellt.

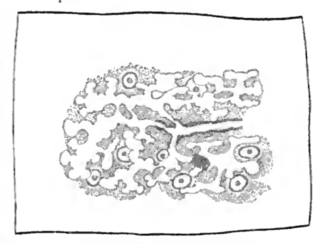


Fig. 4.

Fig. 5 zeigt die nächst schwächste Wirkung an den jetzt entwickelten mehr keulenförmigen Bildungen der Lappen und an wenigen schon vollendeten Abschnürungen. Der Contour müsste etwas kräftiger sein, als er im Druck ausgeführt ist: er wird

(Fig. 6) doppelt, zur Zeit, wo das Reagens die Kerne zu trüben beginnt und schrumpfen macht. Endlich verliert der grösste Theil der Platte den Zusammenhang und das Bild wird wie Fig. 7. An diesen Zerfallsproducten der Lappen sollten die Contouren auch überall doppelt gezeichnet sein; doch war dies im

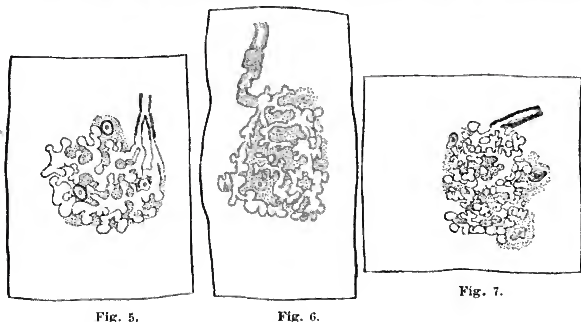


Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.

Holzschnitte nicht mit dem richtigen Effecte auszuführen. Die mit abgebildeten Veränderungen der markhaltigen Nervenfaser durch die Eisenlösung sind hier ohne Interesse.

Der frischeste Zustand, in dem wir die motorische Endplatte sehen können, stellt natürlich nicht den des Lebens selbst dar, denn wenn es auch an den dünnen Hautmuskeln der Schlangen ohne Verletzung und Zerfaserung gelingt, den Nervenhügel mit dem der Platte eigenthümlichen Muster zu sehen, während ein mechanischer Reizversuch an dem zutretenden Nervenstämmchen durch die Zuckung Sicherheit gibt, dass darin noch erregbare Platten enthalten sind, so hat man sie noch nicht von den graden gesehenen Exemplaren. Gäbe es deren viele, so wäre man schon sicherer, aber es liegt in der Natur des Objectes, dass es wenige sind und dass oft nur eine auf einer hinlänglich oberflächlich ge-

legenen Muskelfaser so ausgebreitet ist, um die nöthigen Einzelheiten daran wahrnehmen zu können. Es hat Herrn *Borel*, trotz grosser Mühe und Sorgfalt nicht gelingen wollen an aufgebundenen Schlangen, Muskeln, die einerseits mit einem Hautlappen, andererseits mit dem Stamme des Thieres noch verbunden waren, durch ausgeschnittene Fenster so zur Anschauung zu bringen, dass man die Platten hätte untersuchen können, obwohl der hübsche Anblick des Blutlaufes im Muskel zuweilen erreicht wurde. Bei einzelnen Insekten kann man freilich die Nervenendigung innerhalb des unverletzten lebenden Thieres sehen und sich auch überzeugen, wie die normale Muskelwelle von dort ihren Anfang nimmt, aber in diesen Nervenhügeln ist die eigentlich nervöse Endigung leider noch zu wenig bekannt. Das Ablaufen einer Muskelwelle von der Gegend des Nervenhügels her wird Jeder, der Eidechsenmuskeln vielfach untersucht hat, natürlich auch gesehen haben, ebenso das Durchgehen einer an irgend einem andern Punkte begonnenen Welle unter dem Nervenhügel her, aber wenn dies auch beweist, wie frisch und überlebend solche Präparate zur Anschauung kommen, so gilt es doch immer nur vom Muskel, nicht von seinem Nervenansatze.

So bliebe denn im Augenblicke nichts übrig, als sich mit den grade erreichbaren für frisch genommenen Zuständen zu begnügen, oder Mittel zu ersinnen, um den Lebenszustand im Körper so zu fixiren, dass keine weiteren Veränderungen der Plattengestalt mehr zu befürchten ständen. Für Muskeln kennen wir aus der schönen Arbeit von *Flögel* über Trombidium (Arch. f. mikrosk. Anatom. VIII., S. 69) ein solches Mittel in der OsO_4, das eine Contractionswelle abzufangen und alle Zustände der beginnenden, maximalen und wieder erlöschenden Contraction dauernd vorzuführen vermag. Dasselbe ist auch von *Ranvier* zum Fixiren der Endplatten verwendet, indem es in die Muskulatur lebender Eidechsen eingespritzt wurde und in der That findet man an den

darnach hergerichteten Muskelfasern den Inhalt des Nervenhügels nicht anders, als an überlebend in OsO_4 gelegten, deren Verhalten ich schon vor langer Zeit (*Virchow*'s Arch. 29, S. 207) auch an Muskelquerschnitten beschrieben habe: die Platte zeigt sich nicht viel deutlicher und wenn überhaupt verändert, vielleicht um ein sehr Geringes geschrumpft, sicher nicht gequollen. Ganz ähnlich verhielt sich mit 2 Vol. Wasser verdünnter Alkohol, jenes von *Ranvier* zu vielen Zwecken vorgeschlagene und vorzüglich bewährte Reagens: es ändert die Platte, durchaus im Gegensatze zu *Ranvier*'s Darstellung (l. c. Taf. VIII, Fig. 1 u. 2), kaum und macht den Muskel in den meisten Fällen ohne wesentliche Aenderung seiner Durchsichtigkeit erstarren. Unmöglich bleiben nach allen diesen Erfahrungen natürlich Differenzen der lebenden und der noch als am frischesten zu bezeichnenden, gesehenen Platten nicht, ja es ist sogar wahrscheinlich, dass die ersteren breiter und von glatterer Berandung sind, als fast alle Bilder sie darstellen, denn ein kleiner in dieser Hinsicht bemerkenswerther Unterschied findet sich ohne Zweifel zwischen den besten Ansichten, die ein unzerfaserter ohne jeden Zusatz betrachteter Schlangenmuskel neben isolirten Fasern desselben Thieres darbieten. Soll ich meine Meinung darüber näher bezeichnen, so würde sie lauten, dass ich mir die Platte im Leben reicher an Anastomosen und diese von breiteren Verbindungsbrücken hergestellt denke, als man sie später gewöhnlich findet, und dass ich nach dem factisch beobachteten Reissen solcher Verbindungen sehr geneigt bin, dieselbe Entstehungsursache für manche in den Lappen selbst zu findende Ausschnitte oder Löcher (unechte Anastomosen) anzunehmen. So würde die lebende Platte ihrem Namen noch mehr entsprechen und deren Typus durch ein Bild, dessen Erinnerung mir immer geblieben, wiedergegeben sein, welches ich früher nach einem abgestorbenen Präparate, wo besonders glückliche Umstände die gewöhnlichen Deforma-

tionen beschränkt hatten, erhielt (vergl. *Virchow*'s Arch. 29, Taf. XIV, Fig. 3). Bemerkenswerther Weise stellt jene Figur eine einwurzelige Nervenendplatte dar.

Von grossem Werthe würde es sein, wenn sich erweisen liesse, dass die Platte in der feineren Structur und im chemischen Baue vollkommen identisch mit dem Axencylinder der zutretenden markhaltigen Faser sei. Wenn es einstweilen keine Gründe gibt, das Gegentheil anzunehmen, so kann dies auch an der sehr geringen Kenntniss, die wir vom Axencylinder überhaupt haben, liegen.

In dem Verhalten verdünnter (1 p. m.) OsO_4 zum Axencylinder und zur Platte findet sich ein Unterschied, der hier nicht zu übergehen ist: der erstere schwillt colossal, während das Volum der letzteren nahezu unverändert bleibt. Wo nur frische Nervenfasern gehörig isolirt und angerissen jener Säure unterliegen, tritt der Axencylinder wie ein langer gespannter Darm, von der 3—4 fachen Dicke stärkster markhaltiger Fasern hervor, oft Schleifen bildend, deren Fortsetzung wieder in ein Mark und Scheiden führendes Stück einkehrt. Man sieht dieselbe Erscheinung auch, obschon seltener in stärkerer OsO_4 von 1 pCt., wie kaum zu bezweifeln, nachdem ein Theil der Nervenfasern des Präparates die Säure durch Reduction so verbraucht, dass ein anderer verdünnterer Lösung unterliegt. Die verdünnte Säure lässt auch das Mark in erstaunlicher Weise anquellen, so dass es überall in Gestalt dickwandiger Stulpen auf den Axencylinder gereiht erscheint, wo die *Schwann*'sche und die äussere Hornscheide erst nachgegeben haben oder gerissen sind. Die *Schmidt-Lantermann*'schen normalen Stulpen werden dabei immer deutlicher, indem sich ihre gegen einander gerichteten, ursprünglich schmalen Umfänge endlich zu schrägen und gezähnelten Stutzflächen mächtiger Schwartenringe von grauer Farbe gestalten.

In der Platte ist keine Spur solcher Veränderungen zu sehen, doch wird hieraus erst Weiteres zu schliessen sein, wenn der

Versuch an hinlänglich durch seröse Ausscheidungen in todtenstarren Muskelfasern isolirten Platten angestellt sein wird, so dass ihnen Raum zum Quellen bleiben würde. Fehlt diese letztere Bedingung, so ahnt man auch am Nerven nichts von der genannten, den gewöhnlichen Annahmen über die Wirkung der OsO_4 so sehr widersprechenden Schwellung, von der ich mich auch nicht erinnern kann, irgendwo in der Literatur Andeutungen gefunden zu haben. Die jetzige Erfahrung fordert jedenfalls zur Vorsicht auf gegen die unterschiedslose Verwendung dünner OsO_4 zur Erhaltung normaler Gewebsformen und erheischt fernere Untersuchungen über das Verhalten markloser Nerven, die so häufig grade mit diesem Reagens behandelt werden. An den blassen Opticusfasern der Netzhaut des Kaninchens, denen die Quellung verhütende Hüllen fehlen, fand ich den alten Ruf der verdünnten Säure auch bewährt, insofern sie keine Quellung erzeugte, aber es scheint mir darin nur eine besondere Mahnung zu liegen die Reaction weiter zu beachten (vergl. unten).

Sieht man die Rissstellen der in OsO_4 stark verdickten Axencylinder an, so findet man sie nicht von der Gestalt eines abgebrochenen oder ausgezogenen Gallertcylinders, sondern kurz abgestutzt, und mit einem Faltenkrönchen oder einem grad aufsitzenden kurzen Schopfe versehen, der sehr den Eindruck eines abgewürgten Häutchens macht und stark vermuthen lässt, dass der Axencylinder innerhalb seiner Hornscheide noch eine andere, ein sehr dehnbares glattes Häutchen besitze. Vielleicht sind darauf auch die nach dem Absterben an der Platte zum Vorschein kommenden doppelten Contouren (vergl. Fig. 6) zu beziehen. Dergleichen kann freilich ebenso in Folge der steigenden Lichtbrechung des Plattenmaterials auftreten, aber es ist der Gedanke doch nicht abzuweisen, dass Gerinnungen, auf denen das letztere beruhen dürfte, ausserdem ein Zurückziehen des Inhaltes von jenem Häutchen bewirken.

Ich komme hiermit zur Frage von der Natur der Todesänderungen im Nerven überhaupt und kann nicht umhin, an meine hier wieder bestätigten älteren Erfahrungen über die sichtbaren Aenderungen der Nervenendplatte, die sich grade innerhalb der Zeit des Absterbens geltend machen, anzuknüpfen. Dieselben sagen kurz gefasst, dass vor dem Tode des Muskels und vor dessen Säuerung schon leichte, aber mit jeder wünschenswerthen Deutlichkeit erkennbare Einziehungen, Kerben oder wie man es nun nennen will, in der Platte auftreten und dass deren optisches Verhalten sich ändert. Dass dieses Alles auch, obschon langsamer, geschieht, wenn man den Muskel gar nicht zerfasert, sondern am Leibe absterben lässt oder dem Blutstrome entzieht, lehrt jede bis zur Reactionslosigkeit der motorischen Nerven abgestorbene Eidechse, deren Muskeln auf directen Reiz noch zucken, und ist an Kaninchenmuskeln, deren Arterien so lange unterbunden waren, dass sie Nervenreize nicht mehr beantworten, beim ersten Vergleiche mit schleunigst hergestellten Präparaten normaler Muskeln bemerkbar. Niemand kann bezweifeln, dass die Endplatten so behandelter Muskeln nur bis zu einem gewissen, Restitution zulassenden Grade, verändert sind, denn sie reagiren wieder auf Nervenreiz nach erneuter Versorgung mit Blut: was man also an den Endplatten gesehen hatte, bezeichnete vermuthlich nicht den definitiven Tod oder einen unwiederbringlichen Verfall, sondern einen Zustand, den man mit jedem Rechte als Lähmung bezeichnen kann.

Ich habe vor vielen Jahren, unter starker Reserve freilich, angegeben, die Platten von *Lacerta* würden nach reichlicher und länger dauernder Curarevergiftung in der Lähmung ebenso deutlich, stark lichtbrechend und markirter in den Contouren, wie nach dem Absterben im Allgemeinen. Da inzwischen Niemand wieder eine einigermassen mit meinen Beschreibungen und Abbildungen übereinstimmende Darstellung der frischen Platte ge-

geben hat und die heutige allgemeine Uebereinstimmung mit mir auf den Gold- und Silberpräparaten, bei *Ranvier* auch auf in verdünnten Alkohol gelegten fusst, welche sämmtlich bei dieser Angelegenheit nicht in Betracht kommen, so ist es selbstverständlich, dass jene Angabe über das Curare noch der Bestätigung durch Andere harrt, aber unverständlich, wie sie für widerlegt gehalten werden konnte und deshalb auch irrelevant, dass meine Reserven, dem Brauche entgegen, dabei keine Berücksichtigung gefunden (vergl. Monatsber. der Berliner Acad., 11. Nov. 1875, S. 720). Heute bin ich nun in der erfreulichen Lage, die frühere Zurückhaltung aufgeben zu können, denn man kann in der That unschwer nachweisen, dass das Curare, indem es die motorischen Nerven gründlich lähmt, dieselbe sichtbare Veränderung an den Platten hervorruft, wie das Absterben, aber unter Umständen, unter welchen jenes sonst nicht erfolgt. Ich bin dessen nach langer Erfahrung so sicher, dass ich mich anheischig mache, an dem mikroskopischen Präparate binnen Kurzem zu entscheiden, ob es von einer seit 4—6 Stunden mit $^1/_2$ Cub.-Cent. 5procentiger Curarelösung vergifteten Eidechse oder von einer zur nämlichen Zeit geköpften, des Rückenmarks beraubten, strangulirten oder verbluteten herrühre. Meine letzten bei hoher Sommertemperatur angestellten Versuche beziehen sich ausserdem auf Vergleichsobjecte, deren Nervenstämme wenigstens auf mechanische Reizung keine Zuckung mehr erzeugten. Indem ich ohne alle Kenntniss der verwendeten Thiere, deren Aussehen und Grösse bleibe, und dafür gesorgt ist, dass an den Muskeln weder in der Blutfülle noch mittelst der Erregbarkeit irgend etwas für die Vergiftung sonst Charakteristisches als Merkmal kenntlich wird, bin ich vollkommen sicher, die Curaremuskeln jedesmal herauszufinden. Will man das Examen bestehen und in der besten Weise an sich vornehmen lassen, dass nicht die enthäuteten Schenkel oder ganze Muskeln, sondern von andrer Hand gefertigte

mikroskopische Objecte der Entscheidung dienen müssen, so ist bei der Assistenz ausser Geschicklichkeit auch guter Wille vorauszusetzen, denn es ist natürlich nicht schwer, ein Muskelpräparat so zu drücken, oder auf andere Weise zu misshandeln, dass die Endplatten der gesundesten Muskeln maximal vergifteten ähnlich oder gleich werden. Wird dergleichen vermieden, so weiss ich unter den jenen Thieren entnommenen Objecten in etwa einer Stunde die Entscheidung zu treffen und nach dem überaus deutlichen Hervortreten der Platten zu sagen, welche eine von den in der genannten Weise verschiedenartig abgetödteten Eidechsen vergiftet worden. Man hat dazu nur so lange zu suchen, bis ein auf der oberen Seite einer wohlerhaltenen Muskelfaser befindlicher Nervenhügel in der Aufsicht, nicht im Profile, sichtbar wird. Erkennt man daran ohne Zusatz oder nach dem Einlegen in Serum oder dünne Salzlösung die Platte scharf genug, um sie gut zeichnen zu können, so liegt maximale Curarevergiftung vor.

Dass einige Uebung und Erfahrung dazu gehöre, ist anzunehmen, denn der Neuling wird beim Begegnen einer groblinigen Platte nicht gleich mit beurtheilen, ob sie oder die ihr unterliegende und darauf zurückwirkende Muskelsubstanz irgend welchen andern, dem Geübten kenntlichen Schaden in einem unvergifteten Präparate erlitten.

Mit besonderem Nachdrucke ist hinzuzufügen, dass diese Angaben sich nur auf starke, der Dosis und Zeit nach maximale Vergiftungen beziehen. Wiederholt habe ich mich auf die Probe stellen lassen mit schwächer oder kürzere Zeit vergifteten Thieren und dabei in der Regel Irrthümer begangen oder die Sache aufgeben müssen. Dennoch zweifle ich gar nicht, dass Alles geschehen war, um nicht nur die bekannteren Effecte der Vergiftung zu erreichen, sondern auch genug um den totalen Erregbarkeitsverlust der intramuskulären Platte zu bewirken, was recht gründliche Vergiftung voraussetzt.

Ein Zustand der Lähmung erzeugt durch Gerinnungen im Axencylinder, welche noch nicht sichtbar sind, ist ebenso wahrscheinlich, wie es gewiss ist, dass fibrinöse Lösungen fest werden, ehe man es sieht und ich sehe am Baue der Axencylinder oder der Platten Nichts, was der Contraction und Verdichtung eines in deren Imbibitionsflüssigkeiten entstandenen Coagulates nicht eher hinderlich als fördernd sein müsste. Seit *v. Fleischl* (Festgabe f. *C. Ludwig* LI.) die allgemeine Ueberzeugung von der Schrumpfungsfähigkeit des Axencylinders in den Mitteln, welche gewöhnlich zu seiner Darstellung benutzt worden, befestigte, indem er zeigte, dass Querschnitte von in OsO_4 gehärteten Nerven denselben dick, mit schmaler Markrinde umhüllt erkennen lassen, steht den angenommenen Gerinnungen wenig mehr im Wege.

Wo nur ein Nerv endet oder entspringt, wird gefragt, ob der Axencylinder sich umwandle, etwas Anderes oder Neues werde und andere Lebenseigenschaften annehme. Dass es so in der Ganglienzelle und im Sinnesepithel sei, ist nicht zu bezweifeln, aber um so beharrlicher wird die absolute Gleichheit aller leitenden Fasern, sei es markführender oder blasser vorausgesetzt. Diese Auffassung dürfte der experimentellen Histologie in Zukunft schwerlich standhalten. Heute, da die Lehre vom gleichen Leitungsvermögen sensibler und motorischer Nerven auf sicherer Unterlage steht und, nachdem den Leitfasern Alles genommen ist, was ihnen zum Schaden des grossen Satzes von den specifischen Energieen der Centralorgane aufgebürdet worden, hat es keine Gefahr mehr, an Unterschiede von Nerven zu erinnern. Dahin gehören die erschwerte Verheilung sensibler und motorischer Stämme und alle die Einwände, die man dem Glücken solcher Versuche machen kann, vor Allem der, dass man nicht weiss, welcher Veränderung die widerspenstigen Fasern erst unterliegen mussten, bis sie fähig geworden zu organisirter Verbindung.

Weiter muss ich das im Vorstehenden mitgetheilte, verschiedene Verhalten der marklosen Opticusfasern gegen dünne OsO_4 betonen, dem sich gewiss bald mancher andere blasse Nerv zugesellen wird und fragen, ob es denn so überaus wahrscheinlich sei, dass ein während des ganzen Lebens mit Mark umkleideter Axencylinder, dessen Umhüllung für die Leitung vielleicht, für den Chemismus des Nerven gewiss nicht bedeutungslos ist, welcher ganz anderem Gebrauche unterliegt, als mancher sensible, fast continuirlich in Anspruch genommene marklose, keine Unterschiede, wenigstens des chemischen Baues erwerbe? Und wenn Dem so ist, so wäre kein bindender Zwang vorhanden, die verästelten Lappen des Axencylinders für völlig gleich mit diesem zu halten und *du Bois-Reymond*'s Hypothese, dass das motorische Ende nach Art einer Drüse mittelst eines durchaus chemischen Actes auf den Muskel wirke, nicht vollkommen zu verwerfen. Einladend ist dieselbe nach unserer heutigen Kenntniss der Endplatte allerdings nicht und daher jede Andeutung, welche Incongruenzen zwischen elektrischen und motorischen Endplatten beseitigen kann, willkommener, als die Versuche solche zu häufen.

Immer wieder muss man hören von den Unterschieden des Grades im Verhalten elektrischer und motorischer Organe zum Curare, als ob dieselben nicht bereits zwischen glatter und gestreifter, der Glieder- und Herzmuskulatur, von diesem zu jenem Wirbelthiere, zwischen lauter motorischen Nerven existirten. Wer kann es wissen, wesshalb das Gift, das bei genügender Dosis und hinlänglichem Aufenthalte im Körper auch die sensiblen Nerven nicht verschont, die sog. willkührlich motorischen bei den Endplatten zuerst anpackt? Sind *Ciaccio*'s und *Ranvier*'s Beschreibungen der elektrischen Platte bei Torpedo (l. c. II., Pl. V. Fig. 4 u. 7) richtig, woran ich nicht zweifle, so wüsste ich nicht, welcher wesentliche Unterschied des Baues zwischen dieser und der motorischen fast aller Wirbelthiere geltend zu machen wäre, denn

hier wie dort breitet sich der am Centrum erregte Nerv in Gestalt eines flachen und lappigen, auch Anastomosen bildenden, kernfreien Geästes aus. Wirkt Curare auf die elektrische Platte wirklich schwächer und langsamer, als auf die motorischen des Fisches, so ist zu untersuchen, ob das Curare nicht in der contractilen Substanz erst etwas vorfindet, das ihm die mächtigere Wirkung auf den angeschmiegten Nerven erleichtert, falls es sich nicht um viel gröbere, dem Zutritte des Giftes ungünstige Einrichtungen handelt.

Für die experimentelle Bearbeitung der Frage nach der Uebereinstimmung der Function der motorischen und elektrischen Platten dürften sich statt der Amphibien die Reptilien empfehlen, wo die morphologische Aehnlichkeit auch grössere der Function vermuthen lässt. Einige wesentliche gröbere Differenzen bleiben ausserdem zu berücksichtigen, vor Allem die Lage der motorischen Platten, die nicht entfernt der regelmässigen Schichtung elektrischer gleicht. Wie dieselbe sei, ist freilich schwer zu bestimmen, so lange keine Querschnitte zuverlässig ohne Verschiebung gehärteter Muskeln und unverschobene Schnitte in genügender Zahl untersucht sind. Von gefrorenen Muskeln erhielt ich häufig Schnitte, welche die Nervenhügel und Platten, wie man sagen könnte, mit dem Rücken einander zugewendet zeigten, während viele von Herrn *Borel* durch plattes Ausbreiten vorzugsweise mittelst der Nerven zusammenhängender Muskelfasergruppen erhaltene Präparate, die vergoldeten Platten in grösserer Zahl nach derselben Seite gerichtet zeigen, so dass sie auf den parallelen Muskelfasern bei schrägem Verlaufe der Nervenstämmchen eine Art Treppe bilden.

Wenn gesagt worden ist, die Entladungshypothesen machten den Durchtritt des Nerven durch das Sarkolemm oder durch die Hügelmembran unnöthig, so kann Das an dem Tage, an welchem jene Hypothesen Thatsache geworden, vielleicht in soweit Sinn gewinnen,

als es überhaupt Sinn hat, eine allgemein in der Natur verbreitete Einrichtung in einer Beziehung überflüssig zu finden. Die Platte nicht zum Muskel, sondern auf oder in das Sarkolemm verlegen, heisst indess den Nerven in einem Gewebe enden lassen, das gar nicht allen Muskeln zukommt und da das Sarkolemm Bindegewebe ist und an der Hügelmembran für besonders bindegewebig gehalten wird, so versteht man nicht, wesshalb das motorische Nervenende nirgends durch die Verschiedenartigkeiten dieses Gewebes modificirt wird, vollends nicht, wie es dazu kommt, auf die Muskeln gelöthete Hügel zu bilden, wo es kein Sarkolemm und wenn überhaupt eines, wahrlich anderes Bindegewebe gibt, als bei den Vertebraten, die sich derselben Nervenhügel erfreuen. *Doyère*'s denkwürdige, in unsern Tagen von *Greef* vollauf bestätigt gefundene Entdeckung der Nerv-Muskelverbindung bei den Tardigraden, denke ich, hat lange vernehmlich genug in diesem Sinne gesprochen, und wenn es späteren physiologischen Vorstellungen von der Uebertragung des Nervenreizes auf den Muskel vorbehalten blieb, das Ueberschreiten der Sarkolemmagrenze für den Nerven vorauszusetzen, so hätten dieselben ihren heuristischen Werth bewiesen, denn die Thatsache des Durchtrittes erfreut sich heute des Tages, den mir ein gewiegter Anatom einst, zur Zeit des allgemeinen Widerspruches prophezeite, an dem es heissen werde, Das habe man schon lange vorher gewusst.

Welcher Art die Wirkung der motorischen Endplatte sich noch herausstellen möge, so weiss man doch, dass sie an der dünnsten Bindegewebsschicht entscheidenden Widerstand findet, da die Versuche von *Sachs* (Arch. f. Anat. u. Physiol. 1874, S. 57) gezeigt haben, dass eine Froschmuskelfaser auf Nervenreiz zucken kann, ohne ihre Nachbarn zu erregen. Wäre der Versuch am Reptil angestellt, so könnte man denken, dass es auf die Concavität der im Hügel gewölbten Platte oder auf die dazu in bestimmter Weise orientirte Sohle als nothwendiges Zwischenglied

zur Uebertragung der Erregung ankomme, am Frosche aber, dessen intramuskuläre Nervenverästelung aus drehrunden blassen Terminalfasern ohne jede Spur einer Sohle besteht, sieht man, dass nichts der Art Grund der eingeschränkten Wirkung sein kann, sondern dass es zwischenliegendes Sarkolemma und feinstes Bindegewebe sein muss, was den Uebergang der Nervenerregung von einer Endigung auf zwei Muskelfasern hindert.

Welches Gewebe das Hinderniss sei, ist demnach bekannt und es wird daher das Durchtreten der Nerven auf die andere Seite der Schranke selbst dann nicht für unnöthig zu halten sein, wenn diese sich nicht als absolut bewähren sollte.

Ueber Regeneration des Sehpurpurs beim Säugethiere.

Von

W. C. Ayres und **W. Kühne.**

Vorbericht von W. Kühne.

Nachdem ich mit Herrn *A. Ewald* in Uebereinstimmung mit den Andeutungen von *Coccius* die überraschende Thatsache gefunden hatte, dass das Auge des lebenden Kaninchens durchschnittlich länger als 35 Minuten im Dunkeln verweilen muss, wenn vollkommen gebleichte Stellen der Netzhaut wieder normal gefärbt werden sollen (vergl. Bd. I., S. 380 u. 381), schienen mir weitere Untersuchungen über den merkwürdigen Regenerationsprocess und zunächst erneuete Prüfungen einiger auf postmortale Fortsetzung desselben deutender früherer Beobachtungen erforderlich.

Beim Frosche war es so ausserordentlich einfach, den Beweis für die im Ueberleben kaum verminderte Macht des Vorganges durch die vollkommene und fast in gleicher Zeit, wie im Leben, erfolgende Wiederfärbung der Retina des ausgeschnittenen Auges zu liefern, wenn die Ausbleichung am Lebenden vorgenommen worden, dass an der thatsächlichen und bedeutenden regenerativen Wirkung des dem Ernährungsstrome entzogenen retinalen Epitheliums nicht zu zweifeln war. Für das Säugerauge gab es dagegen nur zwei hierauf bezügliche Beobachtungen, von denen genauer nachzuweisen blieb, ob sie in ähnlichem Sinne zu

deuten seien. Die eine bestand in der langsameren Lichtbleiche eines (selbst dem albinotischen) Kaninchenauge sofort nach dem Tode entnommenen Stückes der Netzhaut mit Epithel, Chorioïdes und Sklera verglichen mit der eines vom Epithel abgezogenen Retinastückes, während die andere eine Zeitdifferenz zu Gunsten des weiter abgestorbenen Auges eines am abgeschlagenen Kopfe befindlichen Paares betraf, wenn man versuchte, in beiden unter möglichst gleicher Lichtintensität scharfe Optogramme herzustellen. Was da nach dem Tode beobachtet worden fiel indess mit den Verhältnissen der Totalbleiche des Froschauges nicht ganz zusammen, indem es sich nicht, wie dort, um etwas nach Zersetzung des ganzen Stäbchenpurpurs Geschehendes, sondern nur um eine Gegenwirkung des Epithels während der photochemischen Umwandlung und vor deren Vollendung handeln konnte. Da gute Gründe vorhanden waren, Rhodophylaxe und Rhodogenese für zwei verschiedene Processe zu halten, so blieb zu untersuchen, ob das überlebende Säugerauge nur der ersteren oder beider fähig sei. Hierüber zu entscheiden, war um so nothwendiger, als eine etwa existirende postmortale Rhodogenese manchen weiteren Arbeiten über Ausbleichung der Netzhaut grosse Schwierigkeiten bereitet und vor Allem jedem optographischen Versuche die bisher geübte Berücksichtigung der Zeit von der Exstirpation des Auges bis zur Abtödtung seiner Gewebe in der Härtungsflüssigkeit auferlegt hätte.

Der Gang unserer hier anknüpfenden Untersuchung war folgender: wir überzeugten uns zunächst, dass eine von allen Lebenszuständen der Gewebe unabhängige Regeneration, derselben glücklicher Weise nicht störenden, schwachen Art, wie die von *Ewald* und mir am Frosche gefundene, auch in der Kaninchennetzhaut existire. Darauf wurde an isolirten Augen festgestellt, dass gleiches Licht in den ersten Minuten schwächer bleichend wirkt, als in wenig späterer Zeit nach dem Tode, dass also eine mit

dem Absterben abnehmende Gegenwirkung besteht, während eine totaler Bleichung folgende Regeneration in der Ueberlebenszeit nicht constatirt werden konnte. Bei der Kürze dieser Zeit schien es gerathen nachzusehen, was geschehen würde, wenn die Bleichung im Leben vorgenommen und die ganze erste Ueberlebenszeit nur der möglichen postmortalen Regeneration gelassen worden; und als sich auch jetzt keine solche ergab, das Experiment umzukehren, um den Gang der Regeneration unter den gewöhnlichen Lebensbedingungen kennen zu lernen, nachdem das Licht unter ähnlichen Verhältnissen wie im Tode gewirkt hatte. Wir belichteten dazu das Auge entweder während einer die Circulation hemmenden Pressung, oder zur Zeit einer Unterbindung sämmtlicher Arterien des Halses, und liessen das Blut in der gleich darauf folgenden Dunkelheit wieder zutreten. Dabei hatte uns der Gedanke geleitet, dass das Lebensoptogramm von dem des Ueberlebens durch die Möglichkeit der Entfernung der Bleichungsproducte (Schweiss) verschieden sei, und dass die Regeneration bei normaler Erhaltung des Ernährungsstromes auf eine der Resorption beraubt gewesene Netzhaut hätte mächtiger wirken können. Wie man sehen wird hat das Verfahren die Voraussetzung nicht der Zweifel enthoben.

Um die Einsicht in den Regenerationsprocess nach einer andern Richtung zu fördern, wurde der Einfluss übermässiger und länger dauernder Belichtung untersucht, wobei sich Unveränderlichkeit der Regenerationszeit ergab, wenn die Bleichung einmal vollkommen geworden: dauernde Belichtung des andern Auges änderte daran nichts, ebenso wenig Unterbrechung der Leitung des Lichtreizes nach Durchschneidung der N. optici.

Endlich haben wir die Frage nach dem secretorischen Charakter der regenerirenden Thätigkeit des Retinaepithels in Angriff genommen, indem sowohl der Einfluss des N. trigeminus, wie des Sympathicus untersucht wurde, und da wir auf diesem Wege

keinen entscheidenden Thatsachen begegneten, zuletzt die Wirkung zweier auf Secretionen wirkender Gifte geprüft, des Atropins und des Pilocarpins. Nachdem von dem ersteren schon im Laufe der vorangegangenen Arbeit kein verzögernder oder hemmender Einfluss bemerkt worden, wurden unsere in anderer Richtung vielfach getäuschten Erwartungen um so mehr durch die bedeutende Abkürzung der Regenerationszeit übertroffen, welche die Vergiftung mit dem bekanntlich die meisten Secretionen befördernden Pilocarpin erzeugte.

Der Leser wird aus diesem vorgreifenden Bericht entnehmen, dass wir eine grosse Reihe zum Theil vergeblich unternommener Experimente mitzutheilen haben. Es ist uns gegangen, wie es bei der ersten Bearbeitung eines neuen, in den Rahmen gewohnter Vorstellungen nicht einzuschliessenden Feldes zu gehen pflegt, aber wir sahen keinen Grund, Thatsächliches, von dem man nicht voraussagen kann, welche Förderung es Anderen, die damit fruchtbarere Gedanken zu verbinden wissen, bringen könnte, zu unterdrücken, weil es über unsere Voraussetzungen nicht entschied, und halten die Mittheilung, wenn nicht aller, so doch vieler unserer Versuche schon desshalb für gerechtfertigt, weil es ohne grosse Opfer jeder Art auf andere Weise unmöglich wäre, die damit einmal erworbene Erfahrung einzuholen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, muss bezüglich der durchgehends verwendeten optographischen Methode auf Bd. I, S. 232, 233, 374—383 verwiesen werden, wo die in dem Folgenden beibehaltenen Einrichtungen und Versuchsweisen beschrieben sind.

I. Autoregeneration.

Die Säugernetzhaut besitzt dieselbe Autoregeneration (vergl. Bd. I, S. 249), wie die des Frosches. Man nehme aus einem Kaninchenauge die Retina unter $^1/_2$ pCt. NaCl-Lösung heraus, schneide sie, die Sehleiste kreuzend in 2 Hälften, lasse beide

Stücke an der Sonne vollkommen bleichen, bewahre das eine 2—3 Stunden im Dunkeln und vergleiche die feucht gehaltenen Präparate: man wird das an's Licht zurückkehrende äusserst blassrosa, aber deutlich verschieden von dem anderen finden. Ebenso verhalten sich Netzhäute, die zuvor im Dunkeln einige Stunden in gesättigter NaCl lösung gelegen und in verdünnter ausgewaschen worden; die Erscheinung ist hier sogar noch etwas mehr in die Augen fallend. Wie an der Froschretina lässt sich der Versuch alsbald, oder am folgenden Tage, unter Vertauschung der Präparate mit freilich schlechterem Erfolge wiederholen. Man kann hiernach nicht zweifeln, dass in der abgetödteten Retina etwas, vermuthlich aus dem Epithel Stammendes, ein fertiges Secretionsproduct stecke, das die in den Stäbchen bleibenden photochemischen Zersetzungsproducte wieder zurück in Purpur verwandelt: Bereitung und Abgabe dieses Körpers (Rhodophylin) fallen dem lebenden oder überlebenden Epithel zu, während die Wirkung der einmal fertig abgegebenen Substanz vollkommen unabhängig von sog. Lebensbedingungen ist.

Werden die Netzhäute durch $^1/_4$- bis $^1/_2$stündiges Aussetzen der Kaninchen an die Sonne im Leben gebleicht und in diesem Zustande herausgenommen, so ist keine Spur von Autoregeneration daran zu bemerken. Wir hatten desshalb gehofft, im Leben entstandene Optogramme, nachdem sie herausgenommen und vom Lichte zerstört worden, im Dunkeln wiederkehren zu sehen, indem die Autoregeneration nur die nachträglich geschwundenen Purpurstreifen, nicht die farblosen, im Leben entstandenen betreffen würde; dies wollte uns jedoch nicht glücken, vermuthlich weil die Stäbchen an den weichen, überdies in Salzwasser schwierig abzuhebenden Netzhäuten während der feuchten Aufbewahrung nicht sicher genug haften. Indess zeigte die Peripherie der Membranen das rückkehrende blasse Rosa immer besser, als die centrale Gegend, wo sich das Bildchen befunden hatte. Für das

Folgende kommen die von Autoregeneration bewirkten Erscheinungen nicht in Betracht, da wir weiterhin fast nur in Alaun gelegte Präparate, die derselben ganz entbehren, verwendeten. Ausserdem sind die Regenerationszeichen, von denen noch die Rede sein wird, unvergleichlich deutlicher, als die eben erwähnten.

II. Postmortale Wirkung des Epithels.

A. Im überlebenden Auge begegnet die Entfärbung des Sehpurpurs durch Licht Hindernissen, welche allmählich abnehmen.

Versuch **1.** Wir erweiterten einem Kaninchen beide Pupillen durch starke Atropinlösung (2 pCt. des Sulfates), tödteten es $^1/_2$ Stunde später, nahmen die Augen mit grösster Eile aus dem Kopfe und exponirten eines (I) sogleich $1^1/_2$ Min., öffneten es rasch und warfen es in Alaun. 5 Min. später, also etwa $6^1/_2$ bis 7 Min. nach dem Köpfen, wurde das zweite bis dahin im Dunkeln verwahrte Auge (II) eben so lange exponirt und weiter behandelt, wie das vorige. In Beiden fanden sich Optogramme, aber das erstere war rosiger, in den hellen Streifen beträchtlich farbiger, als in II, wo auch die Purpurfarbe der ganzen Fläche mehr zu Roth neigte. Die Pupillen waren trotz der Atropinwirkung nach dem Herausnehmen der Augen eng; während der Exposition konnten keine Unterschiede des Pupillendurchmessers bemerkt werden.

Versuch **2.** Ebenso angestellt, wie der vorige, aber ohne Atropin. Die Pupillen verhielten sich nicht anders und die Differenzen der Optogramme waren ungefähr die nämlichen.

Versuch **3.** Um zu sehen, wie lange diese Unterschiede sich geltend machen, wurden wiederum bei einem atropinisirten Kaninchen die zu gleicher Zeit aus dem Kopfe genommenen Augen so verwendet, dass I 5 Min. nach dem Köpfen, II 5 Min. später, also 10 Min. nach dem Tode, zur Exposition kam. Dieselbe

dauerte wegen des schlechteren Lichtes $2^{1}/_{2}$ Min. und ergab auf beiden Netzhäuten unterexponirte Bilder mit nicht völlig gebleichten hellen Streifen von nahezu übereinstimmender Färbung, sicher ohne jede Differenz zu Gunsten der Lichtwirkung des am spätesten exponirten Auges. Auch hier waren die Pupillen eng und während der Versuchszeit unveränderlich geblieben.

Die exstirpirten Augen gewährten den Vortheil, fast immer stark verengte und darum gleiche Pupillen zu besitzen; da wir es aber recht schwierig fanden sie richtig unter dem Objecte zu orientiren und mancher Versuch fehlschlug, weil die Bilder nicht auf correspondirende Theile der Netzhaut gefallen und desshalb schlecht zu vergleichen waren, so experimentirten wir weiter an im Kopfe gelassenen Augen. Hier pflegt die Pupille erst weit zu bleiben und sich viel später zu verengen, gleichviel, ob Atropin verwendet worden, oder nicht; auch war sie nicht immer auf beiden Augen von gleichem Durchmesser. Um dem Uebelstande zu begegnen, wurde jedes Auge dicht auf der Cornea mit einem 3 mm. weiten Diaphragma belegt, so dass kaum noch Verschiedenheiten der Lichtintensität in den beiden Aufnahmen vorkommen konnten.

Versuch **4.** Der abgeschlagene Kopf eines nicht atropinisirten Thieres wird nach schleunigster Zerstörung des Gehirns mittels einer dicken Federfahne, mit Auge I 3 Min., 2 Min. später mit II ebenfalls 3 Min. exponirt, nachdem I inzwischen schnell exstirpirt und in Alaun gelegt worden. Da der Himmel (wie bei Versuch 1 und 2), wolkenfrei geblieben, so war für die Vergleichbarkeit der Optogramme wegen etwaiger Inconstanz der Lichtintensität nichts zu befürchten. I enthielt ein scharfes Optogramm, aber mit rosigen hellen Streifen, II ein vollkommenes Bild ohne jede Spur von Farbe in den letzteren.

Versuch **5.** Gleich nach Versuch 4 und wie dieser ausgeführt bei dauernd reinem Himmel. I wird 5 Min., II 9 Min. nach

dem Köpfen 3 Min. lang exponirt. Beide Optogramme sind vollkommen und ohne irgend welche Unterschiede.

Diese Versuche dürften genügen, um den vorausgeschickten Satz zu erweisen; die gefundenen Hindernisse der Lichtbleiche sind darnach nicht gerade unerheblich, aber rasch vergänglich, jedenfalls 5 Min. nach dem Tode nicht mehr merklich.

Nach der früher (Bd. I, S. 378) für das Kaninchen gefundenen, namentlich im Vergleiche zum Frosche ausserordentlich geschwinden Entfärbung der Netzhaut, war es von Interesse, das lebende Auge in dieser Hinsicht mit dem überlebenden zu vergleichen.

Versuch 6. Auge I eines atropinisirten lebenden Kaninchens wird mit einem Diaphragma von 3 mm. belegt, bei wolkenlosem Himmel $3^1/_2$ Min. exponirt, darauf sogleich luxirt, mit einem Scheerenschnitte aus dem Kopfe genommen und sofort halbirt in Alaun gebracht. Inzwischen ist der Kopf abgeschlagen und mit Auge II sofort $3^1/_2$ Min. exponirt, welches ebenso schleunig in den Alaun gelangt. I enthält ein gerade vollkommenes Optogramm, II ein entschieden überexponirtes mit zu breiten hellen Streifen und beträchtlich gelbrother Färbung der dunklen Partieen.

Hieraus ergibt sich, dass die das Bleichen des Purpurs verzögernde Gegenwirkung im lebenden Auge ohne Frage mächtiger ist, als im überlebenden.

B. Im überlebenden Auge ist Regeneration des Sehpurpurs nach der Lichtwirkung nicht zu bemerken.

Die ersten diese Frage betreffenden Versuche wurden wieder mit exstirpirten Augen angestellt, und da es darauf ankam, zwei ganz gleich behandelte zu gleicher Zeit zu exponiren, haben wir mit möglichster Eile zuweilen schon am Lebenden die luxirten Augen mit einem Schnitte isolirt und sofort in die zu ihrer Aufnahme bestimmten, dicht neben einander unter dem Objecte befestigten kleinen Holzbecher gebracht. Nach beendeter Exposition

wurde I schleunigst in Alaun abgetödtet, II 5—10 Min. im Dunkeln liegen gelassen und nach dieser, der etwa vorhandenen Regeneration gewährten Zeit, in das Alaunbad gebracht. Hier, wo begreiflich die äusserste Eile nöthig war, gelang es uns nur selten, die Augen nach Wunsch zu orientiren und die Sehaxen richtig zu stellen. Wir finden jedoch unter den besser gelungenen Versuchen keinen, der eine nachträgliche Regeneration hätte erkennen lassen.

Bessere Erfolge hofften wir von dem folgenden Verfahren zu erhalten: wir spalteten den abgetrennten Kopf der ganzen Länge nach, indem wir ein grösseres aufgesetztes Messer mit einem Hammerschlage durch den Schädel trieben, und brachten unmittelbar darauf die beiden Kopfhälften mit dem Scheitel einander zugewendet unter das Centrum des Objectes. Da die Augen nach dem Verfahren während gleichzeitiger Exposition keine beachtenswerthe Pupillendifferenz zeigten, so konnte von der Benutzung enger Diaphragmen abgesehen werden.

In Versuch 7 dauerte die Exposition bei trübem Wetter 2 Min. I ward sofort, II 10 Min. später in Alaun gethan. Beide enthielten nur den Anfang eines Optogrammes, das merkwürdiger Weise nur ein nicht völlig ausgebleichtes Streifchen an symmetrischen ziemlich central gelegenen Stellen der Sehleiste zeigte. Gab es eine Differenz, so war sie bezüglich der Ausbleichung zu Gunsten von II, also sicher der Annahme einer, wenn auch noch so schwachen nachträglichen Regeneration bei nicht einmal völlig erreichter Bleichung entgegen.

Da ein anderer Versuch dieser Art bei bestem Lichte nach Exposition von 1 Min. gar keine Aenderung der Retinafarbe und keine Spur eines Bildes geliefert hatte, wurde Versuch 8 mit einer Verbesserung der Lage der Kopfhälften angestellt, indem man den Kieferrand etwas hob und die Augen auf diese Weise günstiger zum Objecte richtete. Die Exposition währte bei gutem

Lichte $2^1/_2$ Min. I wurde darauf sofort, II erst nach 10 Min. langem Liegen im Dunkeln, in Alaun gebracht. Wieder zeigte sich in beiden nur die sonderbare Andeutung eines Optogrammes durch hellere Fleckchen in der Sehleiste, die in I am deutlichsten waren, während die ganze übrige Fläche der Netzhaut so purpurn aussah, als wenn sie gar kein Licht erhalten hätte.

Die Ursache dieser merkwürdigen Ergebnisse aufzuklären, bleibt weiterer Untersuchung vorbehalten; wir vermutheten sie in einer irgendwie von dem Gehirn ausgehenden Wirkung und sahen die Bleichung in der That ganz gut erfolgen, als wir dasselbe aus beiden Kopfhälften mit einem Spatel schnell entleert hatten.

Versuch **9.** Bei weniger gutem Lichte, als Versuch 8, Nachmittags angestellt. Mit grösster Eile wird der Kopf getrennt, gespalten, das Gehirn entfernt, worauf beide Augen sofort $2^1/_2$ Min. exponirt werden. I kommt direct, II erst 10 Min. später in Alaun. Beide Augen enthalten noch etwas unterexponirte, aber scharfe mit mehreren Streifen über die Sehleiste gehende Bilder, deren Unterschiede sehr gering und eher zu Gunsten stärkerer Bleichung im zweiten Auge sind. Die Pupillen schienen während der Exposition kaum verschieden und waren mässig verengt.

Da schon die Gegenwirkung, oder Rhodophylaxe, 5 Min. nach dem Tode sicher ganz erlischt und wohl vom Momente des Aufhörens der Circulation an fortwährend abnimmt, konnten die eben erwähnten negativen Ergebnisse auch davon bedingt sein, dass die einer wirklichen Regeneration günstige und nöthige Periode an die Expositionszeit vergeben worden. Wir führten desshalb einige Aufnahmen im Leben aus, exstirpirten das Auge sofort und untersuchten, ob sich Unterschiede fänden, je nachdem es schleunigst abgetödtet, oder einige Zeit vor dem Einlegen in Alaun der Dunkelheit überlassen worden.

Versuch **10.** Atropin. Auge I des Lebenden 1 Min. exponirt, unter einem schwarzen Tuche sogleich luxirt und mit einem Sehnervenschnitte entfernt, worauf es sogleich halbirt in Alaun gestürzt wird. Inzwischen ist ein Wattepfropf in die kaum blutende Orbita gepresst und der Kaninchenkopf gewendet; II wird darauf ebenfalls intra vitam 1 Min. exponirt und 10 Min. in dem sofort getrennten Kopfe gelassen, bevor es zur Härtung gelangt. Die erhaltenen Optogramme sind vollkommen und zeigen gar keine Unterschiede.

In derselben Weise haben wir eine grössere Anzahl von Experimenten mit geringerer Expositionszeit (von 15—45 Sec.) angestellt, in der Hoffnung, postmortale Regeneration wenigstens dann zu finden, wenn die hellen Stellen nur angebleicht, nicht ganz entfärbt worden. Einzelne Fälle schienen auch in diesem Sinne verwerthbar, da uns aber andere, mit anscheinend umgekehrtem Erfolge vorliegen, haben wir Grund, das Verfahren zur Entscheidung einer so subtilen Angelegenheit für unzureichend zu halten. Zum Theil liegt das gewiss an der Veränderlichkeit der Lichtintensität von einer Aufnahme zur andern, die trotz der geringen Zwischenzeit nur an wenigen Tagen nicht zu befürchten gewesen wäre, und um so mehr Berücksichtigung verdient, als der Augenschein darüber kaum belehrt. Wir bekennen, durch Nichts mehr überrascht worden zu sein, als durch die wider Erwarten geringe Expositionszeit, deren nicht atropinisirte, oder selbst mit engen Diaphragmen belegte Augen im Sommer bedurften, nachdem wir im Winter (vergl. Bd. I, S. 394) 7—10 Min. zu solchen Aufnahmen nöthig gefunden hatten.

Aus allem Vorstehenden erhellt der für weitere Arbeiten erfreuliche Umstand, dass man bei keiner Art von Optogrammen nachträgliches Verwischen ohne Licht zu befürchten habe.

III. Regeneration im Leben.

Frühere Erfahrungen hatten zu der Annahme geführt, dass Rhodophylaxe und Rhodogenese abgesehen von der Verschiedenartigkeit der Processe an sich, unter verschiedenen Bedingungen zur Geltung kämen. Die Hypothese war, um es kurz zu sagen, diese: beginnt das Licht Sehgelb und Sehweiss zu bilden, so wandelt etwas aus dem Epithel Kommendes (Rhodophylin) jene Körper wieder in Purpur um (Rhodophylaxe); die Bleichungsproducte werden aber auch aus den Stäbchen entfernt und sind in dem Augenblicke oder wenig später vollkommen entfernt, in welchem die Bleichung vollständig geworden. Was jetzt im Dunkeln erfolgt, ist Bereitung neuen Purpurs im Epithel, welcher in dem Maasse an die Stäbchen abgegeben wird, als er fertig wird (Rhodogenese). Der erstere Process verläuft bei mässigem, anscheinend nicht bleichendem Lichte continuirlich, bei unvollkommener Bleichung schnell, der letztere, wenn jener ausgeschlossen, auch beim Säuger sehr langsam. Alle bisher gefundenen Thatsachen sind mit dieser Annahme und der Hypothese vom Schwinden des Sehweiss vereinbar, vor Allem die Unterschiede der Fluorescenz intre vitam und post mortem gebleichter Netzhäute. Wir haben versucht weitere sich einfügende Thatsachen zu finden.

A. Druckversuche.

In der Voraussetzung, dass die schneller verlaufende Rhodophylaxe an Stelle der langsamen Rhodogenese trete, wenn man die Resorption der Bleichungsproducte während und kurz nach der Belichtung verhindert, wurde der Verlauf der Regeneration nach Exposition gepresster Augen verfolgt. Beim Menschen wird die Circulation des Blutes in der Netzhaut bekanntlich schon durch mässigen Druck unter gleichzeitigem Erblinden gehemmt; was dabei in der Uvea vorgeht, ist weniger bekannt.

Am Kaninchen gelingt es leicht durch Eindrücken eines kantigen Instrumentes in die Orbita den Bulbus zu luxiren und so hervorzudrängen, dass man einen Kautschukring umlegen und das Zurückspringen verhindern kann. Dabei trübt sich die Cornea in derselben sonderbaren Weise wie am todten Auge, wenn man es presst, und die Pupille verengt sich maximal. Wird mit dem Drucke nachgelassen, so klärt sich die Cornea augenblicklich, während die Pupille sich langsam wieder erweitert. Dass so bedeutender Druck im Auge alle Circulation aufhebe, ist kaum zu bezweifeln, doch haben wir es nicht festgestellt, weil es recht umständlich gewesen wäre und keine Aussicht war, ein so behandeltes Auge zum Optographiren benutzen zu können. Wir mussten uns mit schwächerem Drucke begnügen, hinreichend die Pupille etwas zu verengen, und unschädlich für die Durchsichtigkeit der Cornea. Ob die Resorption im Auge damit unterdrückt, oder für unsere Zwecke genügend herabgesetzt worden, bleibt zu entscheiden.

Nach unseren Beobachtungen verträgt das Kaninchenauge die genannte starke Pressung wiederholt und einige Minuten, ohne in der Folge blind zu werden; wir konnten desshalb voraussetzen, dass der schwächerem Drucke folgende Zustand, auf den es ankam, nicht erheblich von dem normalen abweichen werde. Ein Vorversuch, in dem wir auf gewöhnliche Weise das Optogramm herstellten und innerhalb der nächsten halben Stunde einige Male je zwei Minuten lang den Bulbus stark pressten, ergab nach der 45 Minuten darauf erfolgten Eröffnung des Auges einen kaum noch bemerklichen Bildrest.

Versuch **11.** Atropin. I gedrückt, 1 Min. exponirt, aus der Orbita geknipst und sogleich in Alaun; II gedrückt, 1 Min. exponirt, im Dunkeln noch 5 Min. gedrückt erhalten und ebenso direct in Alaun gebracht. — I enthält ein prachtvolles Optogramm, dessen helle Streifen jedoch nicht ganz weiss, hellstroh-

gelb sind; II zeigt nur den mittleren Streif ganz hell, die übrigen belichteten noch von rosiger Farbe. Es machte dies den Eindruck, als ob der Druck die Regeneration befördert habe; da das Folgende keinen Anhalt dafür bietet, ist anzunehmen, dass der Druck bei II zu stark gewesen, so dass die Expositionszeit in Folge der stärkeren Pupillenverengung nicht gereicht hatte.

Versuch **12.** Atropin, bestes Licht. I gedrückt, 45 Sec. exponirt, darauf sogleich in die Orbita zurücksinken gelassen. II 5 Min. später ebenfalls 45 Sec. während einer Pressung exponirt und aus dem abgeschlagenen Kopfe sofort in Alaun gebracht. In beiden finden sich unvollendete Optogramme, die von einander nicht zu unterscheiden sind, obwohl I 5 Min. 45 Sec. Zeit zur Regeneration nach der Pressung gelassen worden.

Versuch **13.** Atropin, sehr gutes Licht. I gedrückt, $1^1/_2$ Min. exponirt, Druck aufgehoben. II 5 Min. später gedrückt, ebenso lange exponirt und sofort in Alaun. Beide Augen zeigen stark überexponirte Optogramme mit zu breiten hellen und zu schmalen dunklen Streifen, die in II schon gelblichroth sind. In I sind dagegen trotz der Ueberexposition starke Anfänge von Regeneration zu sehen, bei der die dunklen Streifen rein purpurn, die hellen kräftig rosafarben sind. Die Pupillen schienen während der Aufnahmen nicht verschieden und maassen am Schlusse jeder Exposition, soweit es sich mit dem Cirkel bestimmen liess, 5—6 mm.

Versuch **14.** Atropin, gleichmässig weiss bewölkter Himmel, I gedrückt, 3 Min. exponirt; Pupille etwa 5 Mm. weit; Druck sogleich wieder aufgehoben. II 5 Min. später auch 3 Min. unter Druck exponirt. Das Thier wird sogleich getödtet, I zuerst, II nach 10 Min. langem Verweilen im Kopfe in Alaun gebracht. I zeigt ein gutes Optogramm, dessen helle Streifen aber gelb auf tief purpurnem Grunde stehen. In II ist die Zeichnung ebenso, aber die hellen Streifen sind nur äusserst schwach gelblich und der

dunkle Grund von mehr rein rother Farbe. Die Pupillenweite hatte hier ebenfalls etwa 5 mm. betragen.

Versuch **15.** Atropin, Licht etwa wie in Versuch 14. I Druck, Exposition 3 Min., II sofort darauf gedrückt, 3 Min. exponirt, weiter noch 5 Min. im Dunkeln gedrückt, darauf das Thier getödtet. — II zeigt wieder ein nicht genügend exponirtes Bild, I ein stark verwischtes Optogramm auf sehr ausgeprägt purpurfarbenem Grunde.

Ein Blick auf die letzten 3 Versuche macht eine Beförderung der Regeneration, nach Belichtung unter Störungen des Säftelaufes im Auge, sehr wahrscheinlich, während sich (in Versuch 14) nichts der Art bei Fortsetzung des Druckes zeigt. Atropin wurde in allen Fällen angewendet, weil es bei den angewendeten Grössen des Druckes einigermassen der stärkeren Pupillenverengung und den Ungleichheiten derselben bei je 2 Aufnahmen zu begegnen schien. Indess wurde das Verfahren wegen der ihm anhaftenden unvermeidlichen Inconstanzen aufgegeben und zu einem anscheinend mehr versprechenden, dem der Unterbindung sämmtlicher Halsgefässe übergegangen.

B. Regeneration nach gehemmtem Blutlaufe.

Die Arterien des Halses wurden in der seit *Kussmaul*'s und *Tenner*'s Untersuchungen viel geübten Weise blossgelegt und unterbunden. Wir umwickelten den zuvor natürlich länger im Dunkeln gehaltenen und mit einer starken Atropineinträufelung versehenen Kaninchen den Kopf mit einer Augenbinde und überzeugten uns zunächst von der vollständigen Absperrung des Blutes an den kurz nach Verschluss der Arterien erfolgenden Krämpfen. Die Art. subclavia. sin. wurde immer zuerst und bleibend unterbunden, darauf eine Fadenschlinge so unter der Wurzel der beiden Carotiden und der rechten Art. subclavia angebracht, dass ein sanfter Zug den Zutritt des Blutes nach dem Kopfe vollkommen aufhob. Hinsichtlich des Operativen erlauben wir uns nur die

eine Bemerkung, dass man gut thut etwaiges Fett am Eingange des Thorax nicht zu zerreissen, sondern mit Vorsicht im Zusammenhange herauszuziehen, worauf ein Operationsfeld von höchster Eleganz entblösst wird, in welchem man oft den Abgang der Art. vertebralis von der Art. subclavia sin. vortrefflich übersieht. Da die Fallsuchtkrämpfe und die von *Kussmaul* in seiner classischen Arbeit (Würzburger Verhandl. 1856 VI., S. 24) beschriebenen Bewegungen des Auges und der Pupille jeden optographischen Versuch gestört oder ganz vereitelt hätten, lähmten wir die Thiere nach dem Vorversuche mit Curare und erhielten sie durch künstliche Respiration am Leben. Wie gut wir daran noch aus einem andern Grunde gethan, erfuhren wir nachträglich aus den Arbeiten von *Sigm. Mayer* (Sitzb. d. k. Akad. d. Wiss. Bd. LXXVII, Abth. III, Mai-Heft 1878), welche zeigen, dass man damit zugleich die Möglichkeit schafft den Kopf länger anæmisch zu halten, ohne das Leben der Thiere durch Lungenœdem zu bedrohen. Gegen Ungleichheiten der Pupillen während der optographischen Aufnahmen mit und ohne Hemmung des Kreislaufes schützte maximale Atropinwirkung, nach welcher kein Einfluss der Arterienunterbindung während der verwendeten Zeiten zu bemerken war. Die nach Wiedereröffnung des Blutstromes vorkommenden Bewegungen im Auge kamen für unsere Zwecke nicht in Betracht.

Versuch **16.** bei sehr gutem Lichte. I. 1 Min., wie gewöhnlich exponirt, Kopf gewendet, Arterien geschlossen, II. 1 Min. später auch 1 Min. exponirt; im Dunkeln kehrt das Blut sogleich zurück. Das Thier wird 10 Min. später getödtet. I zeigt ein sehr gutes Optogramm und der demselben gegebenen Regenerationszeit von 11 Min., während deren es von Blut gespeist worden, entsprechende normale Anfänge rückkehrender Färbung. II zeigt ein der Zeichnung nach überexponirtes, der Farbe nach mindestens so stark wie I regenerirtes Bild, nach unserer Meinung deshalb überexponirt, weil das Licht an dem des Blutlaufes

beraubten Auge geringere Gegenwirkung (Rhodophylaxe) fand und stärker darauf gewirkt haben musste.

Versuch **17.** Schlechtes Licht. I mit Kreislauf 1 Min. exponirt, 5 Minuten später Arterienligatur angezogen, $^1/_2$ Min. darauf während weiterer Erhaltung der Ligatur II 1 Min. exponirt; darauf werden die Arterien sogleich freigegeben und das Thier 5 Min. später getödtet. I zeigt gar keine Ausbleichung, II ein sehr scharfes, aber in den Farben schwach ausgeführtes, wie mit dunklerem Rosa und hellerem Gelblich-Roth gemaltes Bild. Wahrscheinlich hatte das mangelhafte Licht in dem normalen Auge trotz der weiten Pupille nur ein so schwaches, unterexponirtes Bild erzeugt, dass 10 Min. zu seiner regenerativen Ausmerzung genügten, während dasselbe Licht bei gleicher Pupillenweite an dem andern, wie man sagen könnte, nur überlebenden Auge für ein vollkommenes Optogramm hingereicht hatte. Dies vorausgesetzt, verdiente der in 5 Min. erreichte Grad von Regeneration volle Beachtung.

Versuch **18.** Schlechtes Licht. I wird vor der Curarewirkung 1 Min. exponirt, II 10 Min. später, nach erfolgter Lähmung, Beginn der künstlichen Respiration und gleich nach dem Zuschnüren der Arterien, ebenfalls 1 Min. exponirt. Sofort darauf kehrt das Blut in den Kopf zurück; 5 Min. später wird der Kopf abgetrennt. I hat kein Optogramm, II ein nahezu vollkommenes, ohne eigentliche Zeichen von Regeneration.

Versuch **19.** Bestes Licht. I mit Circulation 45 Sec. II 7 Min. später ohne Circulation 45 Sec. exponirt. Tod 5 Min. darauf. In I findet sich ein prachtvolles Optogramm, an dem trotz der zur Regeneration gewährten 12 Min. keine Regeneration zu bemerken ist; II dagegen zeigt ein in der Zeichnung zwar fast vollkommenes, in den Farben aber wie durch Regeneration abgestuftes Bild, da die hellen Streifen auf der Fläche strohgelb, in der Sehleiste fast orange sind. Da II jeden-

falls kein schlechteres Anfangsbild gehabt haben konnte, als I, seine Zeichnung auch bereits auf Ueberexposition deutete, so verdienen die hier nach 5 Min. erschienenen Regenerationszeichen, deren I trotz der mehr, als doppelten dazu gewährten Zeit, entbehrte, besonders hervorgehoben zu werden.

Versuch **20.** Mässiges Licht. I mit Circulation 3 Min., II 5 Min. später ohne Circulation 3 Min. exponirt. Das übrige Verfahren war wie bisher. Tod 7 Min. nach der zweiten Exposition. I zeigt sehr breite helle Streifen von blasser Rosafarbe. (Regeneration von 12 Min.). Das Optogramm II liegt zum grossen Theile, wider die Absicht, im Papillentheile; doch sind die hellen Streifen in der Sehleiste sehr deutlich und im Ganzen zu breit (Ueberexposition). Dieselben sind nicht ganz farblos, aber ihre Farbe kann höchstens mit Berücksichtigung der Ueberexposition und der mässigen Zeit von 7 Min. für eine vielleicht gesteigerte Regeneration sprechen.

Versuch **21.** Mittlere Helligkeit. I mit Circulation 1 Min., II 4 Min. später ohne Circulation ebenso lange exponirt. Die Ligatur war 30 Sec. vor der Exposition angezogen. Tod 7 Min. nach Exposition von II. Beide Augen enthalten vollkommene Optogramme, doch ist nur in II, das die kürzere Zeit dazu hatte, eine schwache Andeutung von Regeneration, die sich auch in die Sehleiste erstreckt, zu bemerken. Die vollkommene Abwesenheit dieser Zeichen in I nach 11 Min. deutet, wenn man bedenkt, dass die Ausbleichung grade vollkommen gewesen, auf eine gewisse Schädigung der Regeneration durch die zwischenfallende Blutstockung.

Versuch **22.** Gutes Licht. I mit Circulation 1 Min., II 3 Min. später 1 Min. ohne Circulation exponirt, nachdem der Kopfkreislauf schon 2 Min. vorher unterdrückt worden. Tod 12 Min. später. Beide Optogramme sind wie überexponirt, aber nur I zeigt beginnende Regeneration.

Versuch **23.** An demselben Tage wie Versuch 21, ausnahmsweise Nachmittags angestellt. Ausser der Arterienligatur wird noch ein breites starkes Seidenband unter den Carotiden, den N.N. vagi und sympathici, sowie unter der Trachea zur Umschnürung des ganzen Halses umgelegt. I wird mit Circulation $1^1/_2$ Min. exponirt, 1 Min. später die Arterienligatur angezogen, nach einer weiteren Minute der Hals fest umschnürt und nach wieder 1 Min. II $1^1/_2$ Min. exponirt. Gleich darauf wird das Halsband durchschnitten, dann die Arterienligatur losgelassen, und das Thier 10 Min. später getödtet. Beide Bilder sind nahezu vollkommen und kaum verschieden; in II ist nur der mittelste helle Streifen etwas gelblicher, als in I.

Versuch **24.** Gutes Licht. I mit Circulation 1 Min. exponirt; 10 Min. später wird die gewöhnliche Arterienligatur angezogen, nach einer weiteren Minute II 1 Min. exponirt. Darauf wird das Blut wieder zugelassen und das Thier 20 Min. später getödtet. Die Augen liefern beide noch vollkommen kenntliche, obwohl stark regenerirte Optogramme. In II ist die ganze Netzhaut blasser, als in I, und im Bilde ohne Frage schwächer regenerirt während der 20 Min. Dunkelaufenthaltes, als in dem andern Auge, das über 30 Min. Regenerationszeit verfügte.

Wir haben hiermit diese einigermaassen mühsame Versuchsreihe abgebrochen, da wir nicht hoffen konnten, entscheidendere Resultate damit zu erlangen. Manche derselben sprechen für Beförderung der Regeneration nach vorangegangener Bleichung ohne Blutlauf und ohne Resorption, aber es stehen ihnen, wie bei den Druckversuchen, auch widersprechende oder zweifelhafte Resultate gegenüber, so dass zu sicheren Schlüssen nicht zu gelangen ist. Möglich und denkbar ist es, dass es weder mit der einen noch mit der andern Methode gelingt, die Bewegung der in den Stäbchen entstandenen Bleichungsproducte, nach irgend einem anderen in oder ausserhalb des Auges befindlichen Orte gänzlich zu verhindern.

C. Vom Einflusse des Belichtungsgrades auf die Regeneration.

Genauer gesprochen, sollte hier der Einfluss der Intensität des Lichtes und der Dauer des Belichtens auf den zeitlichen Verlauf der Regeneration erörtert werden, aber es sind zwingende Gründe, die uns den weniger versprechenden Ausdruck wählen lassen. Am lebenden Auge wenigstens war einstweilen noch ganz auf ein Studium der Veränderlichkeit der Stäbchenfarbe unter wechselnden, aber messbaren Lichtintensitäten zu verzichten und erst die andere Arbeit zu thun, den Einfluss des Bleichungsgrades auf die Zeit der Rückkehr des Sehpurpurs festzustellen. Was darüber gefunden worden, lässt sich kurz sagen: So lange der Purpur an einer Netzhautstelle noch nicht gänzlich geschwunden und so lange noch sichtbare Spuren von Sehgelb vorhanden sind, verläuft die Regeneration bedeutend schneller, als nach Totalbleiche, ist diese aber einmal erreicht, so ändert sich die Zeit (von 38—40 Min.) bis zur Wiederkehr der normalen Dunkelfärbung durch weiteres und intensives Belichten kaum mehr. Schwierigkeiten bietet nur das Stadium zwischen kaum erreichter und kaum überschrittener Totalbleiche, weil die Beobachtung, die ja nicht ohne Licht zu machen ist, unsicher wird. Durch Trockenaufbewahrung fixirte Optogramme helfen dagegen nicht, weil auch die ganz gebleichte Netzhaut so conservirt etwas gelblich wird und es grade auf die letzten Spuren von erkennbarem Sehgelb ankommt. So können wir nur den allgemeinen Eindruck wiedergeben, den wir aus langer Erfahrung gewonnen und dieser spricht dafür, dass nach den genannten Grenzwirkungen ein deutlicher Einfluss fortgesetzter Belichtung auf die Regenerationszeit wahrzunehmen ist, so dass z. B. ein kaum unterexponirtes Optogramm in 35 Min., ein wenig überexponirtes erst in 45 Min. vollständig von neuem Purpur verwischt wird, also ein recht beachtenswerther Unterschied vorhanden ist. Länger als 45 Min. haben wir jedoch nach keiner Belichtung warten müssen, um ihre Spuren gänzlich

getilgt zu finden, nicht einmal, nachdem das atropinisirte Auge stundenlang der Sonne ausgesetzt worden. Ganz gleichgiltig für die Regenerationszeit ist Belichtung des andern Auges, denn wir sahen vollkommene Optogramme in 38—42 Min. wie gewöhnlich schwinden, wenn wir nur das betreffende Auge lichtdicht verbanden und in das andere atropinisirte die Sonne mit einigen Unterbrechungen viele Minuten scheinen liessen.

D. Versuche über den Einfluss einiger Nerven auf die Regeneration.

In Uebereinstimmung mit der Einflusslosigkeit des einen Auges auf die Rückkehr des Sehpurpurs im andern befinden sich die gleichen negativen nach Durchschneidung der N. optici gemachten Erfahrungen. Dass die Operation ohne Einfluss auf den Sehpurpur und auf die Regeneration im Allgemeinen sei, ist aus den Mittheilungen *Langendorff*'s (vergl. Bd. I, S. 372) für den Frosch, und besonders aus denen *Holmgren*'s (Bd. II, S. 87) für das Kaninchen mit Sicherheit zu entnehmen, da die von jenen Forschern operirten Thiere nach längerer Zeit, wie *Holmgren* berichtet, nach mehr als zwei Jahren noch Sehpurpur im Auge hatten und gewiss nicht ausschliesslich im Dunkeln gehalten wurden. Die von uns nach *Holmgren*'s sehr zweckmässiger Methode mittelst intracrannieller Durchschneidung beider N. optici operirten Kaninchen zeigten nach dem Aufenthalte in der Sonne unter freiem Himmel vollkommen gebleichte Netzhäute und als wir eines etwa eine Stunde darauf im Dunkeln gehalten hatten, war die Retina von der eines gewöhnlichen Dunkelauges nicht zu unterscheiden. Genauere, mit der optographischen Methode anzustellende Versuche dürften daher kaum andere als die an normalen Augen vorkommenden Bleichungs- und Regenerationszeiten ergeben.

In der Hoffnung unter den zum Auge gehenden Nerven einem die Regeneration fördernden zu begegnen, haben wir einige wenige Versuche mit dem N. sympathicus und dem N. trigeminus

angestellt. An ersterem beschränkten wir uns auf Reizversuche, bis jetzt nur in der Absicht, nachzusehen, ob irgend eine auffälligere Veränderung, namentlich Beschleunigung der Regeneration eintrete. Bei dem Einflusse des Halssympathicus auf die Gefässe des Kopfes und des Auges ist fast vorauszusetzen, dass Durchschneidung oder Reizung auf den von der Blutcirculation abhängigen Process Einfluss üben werden, was durch ausgedehntere Versuche festzustellen bleibt; da dies jedoch nicht in unserem gegenwärtigen Plane lag, führten wir nur die folgenden Versuche aus.

Versuch **25.** Helles Wetter. Auge I $2^1/_2$ Min., gleich darauf Auge II links ebenfalls $2^1/_2$ Min. exponirt. Vorher war der linke Halssympathicus auf eine Fadenschlinge genommen; derselbe wird jetzt im Natronlichte abgebunden, durchschnitten und fünf Minuten lang mit allmählich verstärkten Inductionsschlägen so gereizt, dass die Pupille des entsprechenden Auges stark erweitert bleibt. Das Thier wird nach beendeter Reizung sogleich getödtet. Beide Augen geben unterexponirte Bilder, die kaum von einander zu unterscheiden sind. Da das Kaninchen einige Zuckungen gemacht hatte, sind die Optogramme etwas verwaschen.

Versuch **26** bei ebenfalls hellem Wetter, genau wie der vorige angestellt, liefert zwei untadelhafte Bilder mit noch schwach chamoisfarbenen hellen Streifen, ohne Unterschied zu Gunsten der Seite, auf welcher der Nerv gereizt worden.

Da hiernach wohl von der Hoffnung, in dieser Nervenbahn erregende Fasern für das Retinaepithel zu finden, abzusehen war, wendeten wir uns zum N. trigeminus und durchschnitten denselben in bekannter Weise im Schädel. Eins der operirten Thiere wurde gleich nach gelungener Operation etwa eine Stunde an die Sonne in's Freie gesetzt, dann eine Stunde in's Dunkle. Wir fanden die Netzhaut in beiden Augen so purpurn wie immer. Dass die Durchschneidung des Nerven nach Wunsch gelungen,

hatten am Lebenden schon die Probe auf Unempfindlichkeit des Auges und der entsprechenden Gesichtshälfte, sowie die Enge der Pupille erwiesen und wurde bei der Section bestätigt gefunden.

Versuch **27.** Ein Kaninchen wird nach Durchschneidung des N. trigeminus und nach Feststellung des Empfindungsverlustes, eine Stunde im Dunkeln gehalten, darauf in das Auge der operirten (linken) Seite etwas Atropin getropft. 10 Minuten später wird dieses Auge I 3 Min., gleich darauf das andere II ebenso lange exponirt; nach weiteren 37 Minuten wird das Thier getödtet. In I findet sich keine Andeutung des Bildes, in II die letzte Spur desselben durch zwei brandrothe Streifchen in der Sehleiste angedeutet. Während der Exposition schienen die Pupillen der beiden Augen nicht verschieden. Die Section ergab vollständige Durchschneidung des Nerven. Hieraus ergibt sich, dass Trigeminusdurchschneidung keine Verzögerung der Regeneration bewirkt.

E. Einfluss des Atropins und des Pilocarpins auf die Regeneration.

Schon die ersten Erfahrungen über die Langsamkeit der Regeneration beim Säugethiere hatten den Verdacht erweckt, dass dem zu fast allen optographischen Versuchen verwendeten Atropin eine Schuld daran zuzuschreiben sei, und den Einen von uns vor langer Zeit veranlasst, gelegentlich vergleichende Beobachtungen über die Rückkehr des Purpurs im normalen und im atropinisirten Auge anzustellen. Es konnte indess selbst nach wiederholten Einträufelungen von $2^1/_2$ pCt. Atropinsulfat enthaltenden Lösungen niemals eine verzögernde Wirkung bemerkt werden. Da Kaninchen, abgesehen von der Affection der Iris, gegen das Gift schwach reagiren, blieb der Einfluss stärkerer Allgemeinvergiftungen zu untersuchen, schon um damit dem Probleme des secretorischen Charakters der Thätigkeit des retinalen Epithels näher zu treten. Unleugbare Aehnlichkeit mit

secretorischen Processen besitzt die Epithelfunction schon insofern, als doch offenbar etwas von den Epithelzellen an die Sehzellen abgegeben, also auch ausgeschieden werden muss, wenn die ersteren die letzteren zu färben vermögen und als ein solcher Vorgang, bei Epithelien vorwiegend, den Absonderungen zugerechnet wird. Die im Allgemeinen hemmende oder lähmende Wirkung des Atropins auf absonderndes Epithel ist bekannt; das Gift konnte also möglicher Weise auch störend auf die Regeneration wirken.

Den indolenten Kaninchen haben wir es in Dosen von $^1/_2$ — 4 ccm. der 2 $^1/_2$ pCt. des Sulfates enthaltenden Lösung durch subcutane oder in die Pleura gerichtete Einspritzungen einverleibt, ohne indess irgend welchen Einfluss auf die fraglichen Vorgänge im Auge constatiren zu können.

Versuch **28** zur Controle ohne Atropin ausgeführt. I 3 Min., II 36 Min. später 3 Min. exponirt. 40 Min. nach Beendigung der ersten Exposition wird das Thier getödtet. I zeigt keine Spur eines Bildes, II als Controle ein vollkommenes Optogramm.

Versuch **29.** Unmittelbar nach dem vorigen Versuche wird von einem seit einer Stunde mit 4 ccm. der Atropinlösung vergifteten Kaninchen Auge I 3 Min., II 20 Min. später eben so lange exponirt. 40 Min. nach der ersten Exposition kommen beide Augen in Alaun. I zeigt keine Spur eines Optogramms, II eines, dessen Randtheile schon etwas verwischt sind, während in zwei centraler gelegenen hellen und sehr deutlich begrenzten Streifen deutliche Rosafärbung beginnt. Das Licht schien an dem Versuchstage recht constant.

Versuch **30.** Vergiftung mit 2 ccm. Atropinlösung. $^1/_2$ Stunde später I 2 Min., II 38 Min. später auch 2 Min. exponirt. Tod sofort nach der zweiten Aufnahme. I zeigt die letzte Spur des Bildes noch an einem Fleckchen auf der Sehleiste, II ein vollkommenes Optogramm.

Ist das regenerirende Epithel ein secretorischer Apparat, so muss man hiernach sagen, dass er nicht zu den vom Atropin leidenden gehöre. Es bleibt indess sehr wünschenswerth, den Einfluss des Giftes bei anderen demselben mehr unterliegenden Thieren zu prüfen.

Nach diesen zur Lösung der vorliegenden Frage vergeblich unternommenen Bemühungen ist es um so erfreulicher, ein Gift nennen zu können, das die Regenerationszeit bedeutend abkürzt und von dem zugleich die energischste anregende Wirkung auf fast alle Secretionen bekannt ist. Es ist dies das Pilocarpin des Extractes der Jaborandi-Blätter.

Versuch **31.** Einem Kaninchen werden 2 ccm. einer $^1/_2$ proc. Lösung des krystallinischen Pilocarp. muriat. (bezogen von *Merk* in Darmstadt) in die rechte Pleura gespritzt, worauf alsbald starker Speichelfluss erfolgt. 10 Min. später wird Auge I 3 Min., nach weiteren 10 Min. II eben so lange exponirt. Das Thier verendet darauf mit weiten Pupillen. In beiden Augen finden sich schöne Optogramme, von welchen das zuletzt entstandene vollkommen, das erstere in den belichteten Streifen von heller Rosafarbe ist.

Versuch **32.** Vergiftung mit 2 ccm. unter die Rückenhaut injicirter Lösung, worauf sofort Speichel- und Thränenfluss erfolgt. Die Pupillen sind während des Belichtens etwas weiter, als normal; I wird sofort 3 Min., II eben so lange nach 10 Min. exponirt, darauf das Thier sogleich getödtet. Die Bilder sind beide stark überexponirt mit zu breiten hellen Streifen, aber in dem von I, das nur 13 Min. langer Regeneration überlassen, sind die belichteten Theile kräftig rosafarben.

Versuch **33.** Wie der vorige angestellt. I $1^1/_2$ Min., II $18^1/_2$ Min. später $1^1/_2$ Min. exponirt. I kommt darauf sofort, II nach 20 Min. langem Liegen im abgetrennten Kopfe in Alaun. In II findet sich, vermuthlich weil das Thier gezuckt hatte, ein verwaschener heller Fleck, während in I noch die letzte Spur

des Optogramms an 3 schwächer gefärbten Flecken in der Sehleiste zu erkennen ist.

Versuch **34.** Ausgeführt wie der vorige, doch beträgt die Zeit zwischen den Aufnahmen nur 10 Min. Im zweiten Auge ohne Regenerationszeit findet sich ein fast vollkommenes, ein wenig unterexponirtes Optogramm, während im ersten Auge Streifen nur noch in der Sehleiste zu sehen sind.

Wo sich Gelegenheit fand, haben wir normalen Augen, in denen vollkommene, oder sehr wenig unterexponirte Optogramme entstanden waren, die Zeiten von 12—22 Min. zur Regeneration gegeben, aber niemals auch nur annähernd so vorgeschrittene Verwischung der Bilder mit neugebildetem Purpur gesehen, wie in den mitgetheilten, unter dem Einflusse des Pilocarpin ausgeführten Versuchen und es findet sich in den gesammten in unserm Besitze befindlichen Notizen über normale Regenerationszeit keine einzige Angabe von so rapidem Verlaufe des Vorgangs.

In der Herabsetzung der Regenerationszeit durch das Secretionen so mächtig erregende Pilocarpin auf weniger als die Hälfte, liegt offenbar ein Hinweis auf secretorische Leistungen des retinalen Epithels, welchen weiter zu benutzen unsere nächste Aufgabe sein wird.

Ueber die entoptische Wahrnehmung der Macula lutea und des Sehpurpurs.

Von

Dr. **August Ewald.**

(Hierzu Tafel IX.)

Das Vorkommen verhältnissmässig so gesättigter Farben, wie des Sehpurpurs und der gelben Farbe der Macula lutea in der Retina des Menschen, liessen es auffallend erscheinen, dass entoptisch von denselben bis jetzt fast niemals etwas wahrgenommen worden war; denn so viele Methoden auch bekannt wurden zur entoptischen Demonstration der Macula lutea und der Fovea centralis, so waren doch die Bilder derselben fast immer nur auf Differenzen in der Helligkeit beschränkt.

Da für die subjective Wahrnehmung der Macula lutea, deren Pigment sich in den inneren Schichten der Retina befindet, die gleichen Verhältnisse vorliegen, wie für die *Purkinje*'sche Aderfigur, so versuchte ich zunächst die für die Hervorbringung dieser seither bekannten Methoden, jedoch ohne Erfolg. Weder bei der Beleuchtung mit schräg durch die Pupille einfallendem Kerzenlichte, noch bei Durchleuchtung der Sclerotica mit durch Linsen concentrirtem Lampenlichte, war in dem orangeroth gefärbten Gesichtsfelde um den Fixationspunkt eine Farbendifferenz mit der Umgebung, etwa ein mehr in's Gelbe spielender Fleck zu bemerken, obgleich dabei die Gegend der Fovea durch den Mangel an Gefässen leicht zu erkennen war. Ebensowenig gelang

es, die Farbe der Macula durch diejenige Methode zu sehen, welche die feinsten Capillarverästelungen am Besten zur Wahrnehmung bringt, indem man durch eine feine etwa 1 □ mm. grosse Oeffnung nach einer gleichmässig von Tageslicht erleuchteten Fläche hinsieht, während man die kleine Oeffnung in kreisförmigen Bewegungen dicht vor dem Auge herumführt. Man sieht dann die feinsten Capillarschlingen bis dicht an den Fixationspunkt herangehen, dort nur eine ganz kleine Stelle freilassend; man sieht auf's deutlichste darin eine feinste musivische Zeichnung, die jedenfalls Ausdruck der Zapfenmosaik ist, jedoch auch bei dieser Methode keine Andeutung von gelber Farbe, obgleich hierbei die Gefässfigur auf eine von weissem Tageslichte erhellte Fläche projicirt wird. Auch wenn das Auge längere Zeit im Dunkeln verweilt hatte, gelang der Versuch nicht. Gleich resultatlos, in Beziehung auf Wahrnehmung der Farbe blieben die Versuche mit intermittirendem Lichte, die sonst die Macula und Fovea centralis sehr leicht entoptisch erkennen lassen.

Helmholtz gibt (Handbuch der Physiol. Optik, § 25) an, dass man, wenn man durch ein blaues Glas plötzlich nach einer weissen Fläche sieht, oder nach dem blauen Abendhimmel blickt, die Macula lutea als dunklere Stelle sieht, und erklärt dies aus einer Absorption des blauen Lichtes durch das gelbe Pigment der Macula. Es war dies ein weiterer Grund zur Annahme, dass man bei geeigneter Versuchsanordnung die Macula gelb sehen müsse.

Endlich erinnerte ich mich, häufig morgens beim Erwachen beim ersten Aufschlagen der Augen, die schwarze Gefässfigur, auf den grauen Grund meiner Zimmerdecke projicirt, wahrgenommen zu haben, und ich versuchte mehrmals vergebens beim Erwachen schnell genug zum Bewusstsein zu kommen, um mir über die eventuelle entoptische Sichtbarkeit der Macula Rechenschaft geben zu können. Es gelang mir bald sehr leicht die

schwarze Aderfigur sehen zu lernen, die ich nun jeden Morgen mit grosser Deutlichkeit einige Secunden lang an meiner Zimmerdecke wahrnehme, dagegen konnte ich während mehrerer Tage keine Helligkeits- oder Farbendifferenz am Fixationspunkte bemerken. Endlich sah ich eines Morgens auf's deutlichste einen gelben Flecken in der Gegend des Fixationspunktes, der aber nach höchstens 1—2 Secunden wieder verschwunden war. So kurz die Beobachtung dauerte, so war ich doch sicher mich nicht getäuscht zu haben. Um nun mit grösserer Ruhe den Versuch wiederholen zu können, zu dessen Zustandekommen es offenbar nothwendige Bedingung ist, dass das Auge sehr lange, wie bei dieser Beobachtung während der ganzen Nacht, ausgeruht hatte, so musste der Versuch so angestellt werden, dass ich nach dem Erwachen zu vollständigem Bewusstsein kommen konnte, ehe Licht in die Augen eingefallen war. Zu diesem Zwecke liess ich mich in der Art wecken, dass mir mein Diener, während ich Morgens noch in tiefem Schlafe lag, ein dichtes schwarzes Tuch über den Kopf warf. Durch diese Procedur wachte ich auf, war aber vor eindringendem Lichte geschützt. Nachdem ich unter dem Tuche vollständig munter geworden, verschloss ich die Augen durch die dicht aufgelegten Hände und liess das Tuch entfernen. Richtete ich sie nun gegen die Zimmerdecke und öffnete, durch rasches Wegziehen der Hand und wieder Bedecken das eine Auge für einen Moment, so sah ich auf's deutlichste die Aderfigur, schwarz auf hellem Grunde, hauptsächlich die grossen Gefässstämme, die in weitem Bogen oben und unten die Macula umkreisen. In der Mitte dieses Gefässkranzes, sah ich jedesmal einen gelben, etwas dunkleren Fleck, der die Gegend des Fixationspunktes einnahm und seiner Grösse nach, auf der Retina einem Flecke von etwa 1,5 mm. Durchmesser entsprechen musste. Da der intensiver gefärbte Theil der Macula von den Meisten etwa zu 1,5—2,0 mm. Durchmesser angegeben wird, so scheint

mir kein Zweifel zu sein, dass das beschriebene entoptische Bild der Ausdruck der Macula lutea ist. Seit 14 Tagen habe ich diesen Versuch täglich wiederholt und jedesmal mit beiden Augen, den gelben Flecken durch momentanes Oeffnen des Auges, mitunter 5—6 mal hintereinander, freilich mit allmählich abnehmender Deutlichkeit, beobachten können.

Bei diesen Versuchen ist noch eine andere Erscheinung von nicht geringerem Interesse zu beobachten. Um den gelben Flecken herum sieht man jedesmal einen grösseren rosenfarbenen Hof, der aussen etwa bis zum blinden Fleck und oben und unten bis nahe an die grösseren Gefässstämme reicht. Derselbe ist am gesättigtsten in der Nähe des gelben Fleckens und geht an der Peripherie allmählich in die weisse Farbe der Zimmerdecke über.

Je besser das Auge ausgeruht ist, um so intensiver in der Färbung und um so grösser erscheint der rosafarbene Hof. Bei den best gelungenen Versuchen musste er meiner Schätzung nach einer Retinagrösse von etwa 5—5 $^1/_2$ mm. Durchmesser entsprechen. Diese Erscheinung ist noch schwerer wahrzunehmen und noch flüchtiger als die Beobachtung der Macula lutea, denn letztere ist noch gut entoptisch gelb sichtbar, wenn der Hof schon verschwunden ist. Nur das absolut ausgeruhte Auge ist im Stande die Beobachtung anzustellen; denn, wenn man während des Tages, nachdem also mehrere Stunden das Tageslicht in gewöhnlicher Weise auf die Retina eingewirkt hatte, das Auge, selbst eine ganze Stunde lang, bedeckt hält, so ist doch noch keine Spur der Rosenfarbe zu bemerken. Ist jedoch das Auge die Nacht hindurch gründlich ausgeruht, und hat man am Morgen nur so lange Licht einfallen lassen, bis die Macula lutea und der Hof verschwunden sind, also nur wenige Secunden lang, so genügt ein erneutes Ausruhen von etwa 20 Min., um die Erscheinung wieder in voller Deutlichkeit wahrnehmen zu können.

Aehnliche Beobachtungen, denen wohl die gleiche entoptische

Ursache zu Grunde lag, scheinen schon früher gemacht worden zu sein. So gibt *Tait* (Edinburgh Proceedings 1869—70. VII. pag. 605—607) an, dass ihm während eines Unwohlseins jedesmal beim Erwachen das Licht der Lampe etwa 1 Secunde lang tief roth erschien. Er fand darin eine Stütze der Young'schen Theorie, indem er glaubte, dass die Nervenfasern der Retina am Schlafe theilnähmen, dass aber die grün- und violet-empfindenden Fasern ihre Function etwas später wieder erhielten, als die rothempfindenden. Diese Erklärung kann aber für die Erscheinung des rosenfarbenen Hofes nicht richtig sein, denn sonst müsste auch an Stelle des gelben Fleckens zuerst Roth empfunden werden, was nicht der Fall ist.

Auch von *Boll* (Archiv f. Anat. u. Physiol. 1877. I. Pag. 20. Anmerkung) wurde auf eine rothe Färbung des Gesichtsfeldes und eine rostfarbene, der Macula entsprechende Stelle bei ausgeruhtem Auge aufmerksam gemacht, und als subjective Wahrnehmung des Sehpurpurs aufgefasst.

Das entoptische Bild des vollkommen ausgeruhten Auges (Taf. IX), auf die oben beschriebene Weise zur Wahrnehmung gebracht, entspricht auch so vollständig dem Aussehen der centralen Parthieen einer ganz frisch exstirpirten, noch purpurhaltigen menschlichen Retina, dass der Gedanke nahe liegt, in dem rosenfarbenen Hof um den gelben Flecken den entoptischen Ausdruck des Sehpurpurs zu sehen. Man musste freilich daran denken, diese Erscheinung mit Horner's Beobachtung (Klin. Monatsbl. f. Augenheilk. XV, S. 157) in Zusammenhang zu bringen, der beim Betrachten des Augenhintergrundes eines frisch exstirpirten menschlichen Auges an Stelle der Fovea eine sehr schnell verschwindende Röthe zu bemerken glaubte. Allein dies kann die Erscheinung nicht erklären, da selbst die ganze Macula lutea, auch mit ihren helleren diffusen Rändern niemals eine solche Ausdehnung besitzt, wie der rosenfarbene Hof. Ausser-

dem konnte bei keinem der von *Kühne* bis jetzt untersuchten, möglichst gut conservirten menschlichen Augen, selbst an den vollkommen normalen, frisch bei Natronlicht exstirpirten nicht, eine rothe Färbung der Fovea constatirt werden, im Gegentheil, es hob sich dieselbe immer ungeröthet, deutlich von der Umgebung ab.

Das einzige Moment, welches ausser dem Sehpurpur zur Erklärung des rosenfarbenen Hofes heranzuziehen ist, liegt darin, dass möglicher Weise die Farbe des Blutes der Retinal- oder Choroidealgefässe entoptisch wahrgenommen werden kann. Dass die Absorption in den Gefässen der Retina die Erscheinung bedinge, halte ich für unwahrscheinlich, denn die grösseren Gefässe, deren Blutschichte dick genug ist, um roth erscheinen zu können, zeigen sich entoptisch immer als schwarze ästige Figuren, und die Absorption in den Capillaren könnte höchstens eine hellröthliche gelbe Färbung hervorrufen, während die Farbe des Hofes deutlich rosenroth ist. Da ich mich jedoch bei der kurzen Dauer der Beobachtungszeit in der Nüance der Farbe getäuscht haben könnte, obgleich ich dies nicht glaube, so stellte ich noch folgenden Versuch an. War der rosenfarbene Hof durch Absorption im Hämoglobin der Netzhaut bedingt, so mussten, wenn man während der Zeit seiner Sichtbarkeit durch einen Spectralapparat sah, die beiden Absorptionsbänder des Hämoglobins wahrgenommen werden können, da Lösungen von Hämoglobin, deren Färbung die Sättigung der Rosenfarbe des Hofes bei Weitem nicht erreichten, die Streifen noch auf das Deutlichste zeigten. Unter den oben angeführten Cautelen geweckt, konnte ich indessen selbst bei mehrfacher Wiederholung des Versuches keine Andeutung von Absorptionsstreifen im Spectrum, welches natürlich so lichtschwach als möglich genommen war, erkennen.

Es bleibt mithin nur noch das Choroidealblut, welches ausser dem Sehpurpur in Frage kommen kann, denn das oph-

thalmoskopische Bild des Augenhintergrundes zeigt, dass, selbst bei ziemlich stark pigmentirten Augen, rothes Licht von der Choroidea in's Auge reflectirt wird. Man könnte die Erscheinung desshalb auch auf solches reflectirtes und im Bulbus zerstreutes Licht zurückführen, oder auf solches, welches durch Sclera und Choroidea eingedrungen wäre.

Ich suchte bis jetzt vergebens darüber zu einer sicheren Entscheidung zu kommen; denn dass der rosenfarbene Hof nur vom vollkommen ausgeruhten Auge gesehen werden kann, lässt einerseits die Erklärung zu, dass nur vollständig regenerirter Sehpurpur ausreicht, um entoptisch wahrgenommen werden zu können; andererseits kann man aber auch sagen, dass nur eine vollkommen ausgeruhte Netzhaut farbenempfindlich genug ist, um so schwache Reize wahrzunehmen. Diese letztere Erklärung passt natürlich ebenso für das Roth der Choroidealgefässe, wie für den Sehpurpur. Da indessen das entoptische Bild so vollständig dem Aussehen der frischen Retina gleicht, und für meine Empfindung der Hof entschieden hell purpurfarbig und nicht blutroth erscheint, so möchte ich mich mehr der Annahme zuneigen, dass die Erscheinung auf die entoptische Wahrnehmung des Sehpurpurs zurückzuführen sei, obgleich mir ein bestimmter Nachweis bis jetzt nicht möglich war.

Dass nicht das ganze Gesichtsfeld in der Rosenfarbe erscheint, hängt wohl mit der geringeren Farbenempfindlichkeit der peripheren Netzhautstellen, besonders für rothes Licht zusammen.

Etwas abweichend war die Erscheinung in zwei Fällen, als ich mit nicht vollkommen ausgeruhten Augen den Versuch anstellte, oder nicht schnell genug zum Bewusstsein gekommen war. Das eine Mal war der Hof nicht gleichmässig rosenfarben, sondern mit blassgrünen Flecken durchsetzt; das andere Mal erschien der ganze Hof in hellgrüner Farbe. Ob es sich dabei um complementäre Nachbilder des rosenfarbenen Hofes handelte,

vermag ich nach den vereinzelten Beobachtungen nicht zu entscheiden.

Die Abbildung Taf. IX kann natürlich nur den Anspruch eines Schema's machen, doch ist dieselbe möglichst treu aus dem Gedächtniss gezeichnet. Sie soll das entoptische Bild des vollkommen ausgeruhten rechten Auges darstellen.

Notiz über die Wirkung des Silbernitrats auf die Nervenfaser.

Von

L. v. Morochowetz.

(Hierzu Tafel X.)

Unter den vielen des Verständnisses noch entbehrenden Erscheinungen an den Nervenfasern stehen die durch Silbersalze erzeugten an erster Stelle. Eine Querstreifung von solcher Deutlichkeit, wie sie *Frommann* (*Virchow*'s Arch., Bd. 31, S. 151) an den Fasern des Rückenmarks entdeckte und *Grandry* an peripherischen markhaltigen Nerven sah, hätte, sollte man denken, die Bahn zu eingehender Erkenntniss der Structur des Axencylinders eröffnen müssen, wenn ihr Structurdifferenzen desselben zu Grunde lagen. Indess sind fast Alle, die sich seitdem mit der Nervenversilberung beschäftigt haben, von keiner Auffassung entfernter geblieben, als von der *Grandry*'s (Bull. d. l'Acad. r. d. Belgique 1868, 2. Ser. XXV.), welche die Silberstreifung zum Belege für einen Schichtenbau aus nervous elements genommen. Ebenso ist es mir bei einigen Versuchen über die Silberreaction an peripherischen und centralen Nerven gegangen: ich kam zu dem Schlusse, dass die Streifung vornehmlich den nächsten Hüllen oder Umgebungen des Axencylinders angehöre und bin in Zweifel, ob die an marklosen Fasern zu erhaltende für gleichwerthig zu halten sei.

Während der Wechsel heller und dunkler Stellen an den

marklosen Fasern bis jetzt recht regellos gefunden wurde und die ganze Methode dort überhaupt häufig weniger anschlägt, ist Nichts leichter, als die Gewinnung guter und mit regelmässigen Zeichnungen versehener Bilder bei den peripherischen markführenden Nerven. Man erhält an den Schnürringen das von *Ranvier* beschriebene Kreuz und von diesem ausgehend nach beiden Richtungen hin dunkelbraune und hellbraune bis gelbliche Querstreifen auf dem Axencylinder. Häufig verschiebt sich dieser mitsammt den Streifen in den Hüllen der Art, dass die Stelle, welche vorher in der Einschnürung lag, sammt den nächsten, meist dichter gestreiften Strecken über oder unter die Einschnürung der *Schwann*'schen Scheide geräth. In solchen Fällen wird ein Stück aus dem Querbalken im Kreuze mitgeführt, d. h. eine Scheibe herausgenommen, da das Kreuz selbst nur eine scheibenförmige Platte mit durchgesteckter Axe ist. Fig. 1 und 2, Taf. X stellen unveränderte, Fig. 5, 7, 8 verschobene Kreuze vom Hunde und Kaninchen nach Einwirkung von $^1/_3$ pCt. Silberlösung dar. Auf Fig. 5 und 7 sieht man trotz der Verschiebung noch den Querbalken, welcher der ringförmigen Grenze zweier Abschnitte der *Schwann*'schen Scheide entspricht, die ich geneigt bin, nach den von *Key* und *Retzius* und von *Ewald* und *Kühne* gegebenen Aufklärungen über die Bindegewebsstellung dieser Hülle für eine der häufigen silbergefärbten Kittlinien zu nehmen.

Fast immer fand ich die innere Masse des Querbalkens aus mächtigeren tief geschwärzten Ablagerungen bestehend (Fig. 1, 6, 7, 10, 11, 12) und die Gestalt derselben häufig so, dass ich sie für Niederschläge halten muss, die den Raum erfüllen, welchen die Markmassen um den Axencylinder freilassen. Die Form dieser Lücke ist im Allgemeinen kegelförmig, die Grösse schon an frischen Fasern verschieden, vollends an den mit Silbersalzen behandelten, wo das Mark verändert ist und sich von den Schnürringen zurückziehen kann. Fig. 6, 10, 11 stellen die mit re-

ducirten Silberverbindungen angefüllten Kegel dar. In Fig. 6 hat sich die Masse auf dem durchtretenden Axencylinder verschoben, in Fig. 12, wo sich der Kegel in einen längeren schwarzen Cylinder fortsetzt, nur wenig aus dem Schnürringe gelockert.

Wenn die innere Scheibe des queren Kreuzbalkens nicht dem Axencylinder, sondern einer periaxialen Masse angehört, so ist zu erwarten, dass sie gelegentlich in Gestalt einer durchbohrten Platte sichtbar werde. Das Object von Fig. 3 (vom Kaninchen) liess mir darüber schon keinen Zweifel, obwohl die Färbung hier unvollkommen war, das von Fig. 4 aber zeigte solche Scheiben mit hellem kreisförmigem Centrum evident. Es ist natürlich, dass dieses hübsche Bild nur wahrgenommen wird, wo der Querbalken schmal und auf keiner Seite mit kegelförmigen Auflagerungen versehen ist, da es eines kaum zu erwartenden Zufalles bedürfte, um durch eine längere schwarze Masse in der Richtung der farblosen Axe blicken zu können.

Wie die Kegel an den Schnürringen dicker sind, als der Axencylinder jemals nach Silberbehandlung, auch wenn er sich nicht eigentlich färbt, ist, so sind es auch die sämmtlichen dunkleren Querbänder auf allen übrigen Strecken. Alle Beobachter stimmen darin nach Beschreibung und Abbildung überein. Man müsste also dem Axencylinder nicht nur in chemischer Beziehung, sondern auch nach Gestalt und Durchmesser einen Schichtenbau, der auf eine mit tiefen Riefen versehene Stange hinauskommen würde, zuschreiben, wenn das Silberbild seine Structur bezeichnete.

Allem Anscheine nach dringt die Silberlösung, wie *Ranvier* hervorhob, am leichtesten an den Schnürringen in den Nerven ein und in dem Grade schwerer und bereits mehr verändert, oder durch Verbrauch verdünnt zu einem Punkte der Axe, je weiter dieser von der Einschnürung entfernt ist, oder je mehr er sich in der Mitte zwischen 2 Ringen befindet. Dies kann die Ursache der schwächeren und unregelmässigeren Färbung und

Streifung an solchen Orten sein. Ich habe daher versucht dem Reagens durch Zerreissen der *Schwann*'schen Scheide andere Wege zu bahnen und fand, dass es leicht gelingt, wenn man die Nerven in der Silberlösung gleich tüchtig zerfasert. So sind Fig. 12, 13, 14, 16 erhalten, die keinen Zweifel mehr darüber lassen, dass um den Axencylinder gelegte ringförmige Räume, oder Kreiscanäle vorkommen, in denen mit Silber zu schwärzende Stoffe liegen. Unter Umständen scheinen dieselben den Axencylinder auf längere Strecken auch continuirlich überziehen zu können, (vergl. Fig. 12 und 13), so dass derselbe nicht gestreift, sondern einfach schwarz oder braun wird und mit solcher Färbung zwischen den breiteren dunklen Streifen auftritt (Fig. 12).

Um den Platz für die erwähnten Kreiscanäle zu finden, bleibt nichts übrig, als die Markscheide, oder periaxiale Räume in dieser, welche *Klebs* (*Virchow*'s Arch. Bd. 32, S. 179) schon angenommen, in Anspruch zu nehmen. Dieselben wären indess nicht als Cylindermäntel aufzufassen, sondern, wie gesagt, als übereinandergeschichtete Ringe, wobei ich selbstverständlich nur die Zustände bei der jeweiligen Reagenswirkung, nicht die normalen im Lebenden in's Auge fasse. Immerhin aber wäre es von Interesse Andeutungen zu finden, die mindestens zeigen könnten, dass bei den Veränderungen des Markes durch Gerinnung oder Fällung so regelmässig angeordnete Schichten verschiedener chemischer Zusammensetzung nach der Axe hin auftreten, wie die vom Silber bezeichneten. Ich habe desshalb Nerven mit Alkohol oder Aether, auch mit beiden behandelt oder schnell und kurz auf 100° C. erhitzt und darauf der Silberwirkung unterworfen, aber es ist mir darnach niemals gelungen etwas von der Streifenwirkung zu erzielen.

Die grössten Schwierigkeiten stellen sich dem Verständnisse der Silberbilder an Nerven des Rückenmarkes entgegen, falls es sich um marklose Fasern der grauen Substanz handelt. Von der

weissen Substanz der Hinterstränge des Kalbes erhielt ich das Präparat von Fig. 16 durch Zerzupfen, das sich den Erfahrungen an peripherischen Nerven gut anreiht. Fig. 24 und 25 stellen marklose, aber mit Scheiden versehene Fasern dar, wo die Streifung auf Runzelungen der Oberfläche beruht und entsprechend regellos ist. Abgesehen von den eleganten Bildern an Fasern der grauen Substanz, die durch *Frommann* so bekannt geworden, möchte ich aber auch auf Bilder, wie die in Fig. 17—23 dargestellten aufmerksam machen, wo nur ein Theil der Streifen umgelegten Bändern (22a.a) entspricht, ein anderer Runzeln oder queren Falten (20), während mir eine dritte Art (23a) den Eindruck durchgehender Scheibchen macht, die vielleicht auf Risse der Faser und auf den Anblick gegen die Rissfläche zurückzuführen sind.

Erklärung der Taf. X.

Mit 1/3 pCt. Silbernitrat behandelte Nerven.

Sämmtliche Figuren sind mit dem Zeichenprisma aufgenommen, Fig. 12, 16, 17—25 mit *Hartnack*'s Immersionssystem X, die übrigen mit Syst. VIII.

Fig. 1—12 vom Kaninchen und vom Hunde, Fig. 13, 14, 15 vom Schweine, Fig. 16 aus den weissen hinteren Strängen des Rückenmarks vom Kalbe, Fig. 17—25 aus dessen grauer Substanz.

Fig. 12, 13, 14, 16 stellen vor und während der Silberwirkung zerrissene Fasern dar.

Zur Abwehr einiger Irrthümer über das Verhalten des Sehpurpurs.

Die Art der Beachtung, welche eine Veröffentlichung von *Valentin* (*Moleschott*'s Unters. Bd. XII, S. 31) in der referirenden Presse findet, bringt mich in die Verlegenheit einige Widersprüche des Verf. gegen meine Befunde über die Farbe der Netzhaut zu erörtern. Als ich seine Mittheilung las, hatte ich keinen dringenderen Wunsch, als den, niemals genöthigt zu werden, auf Anderes, als auf das Unanfechtbare, das sie ohne Zweifel enthält, einzugehen. Ohne mein Verschulden ist es anders gekommen, indem mir die Pflicht auferlegt wird der unerwarteten Verbreitung von *Valentin*'s Irrthümern zu steuern.

Ich behaupte und bin es zu demonstriren immer bereit, dass eine Netzhaut ohne Licht tagelang purpurfarben bleibt, ja dass eine ganz verfaulte Netzhaut, ebenso eine von Bacterien wimmelnde, mit einer dicken Schimmelkappe bedeckte Lösung des Sehpurpurs ihre Farbe bewahrt. Nach *Valentin* kommt es nur ausnahmsweise vor, dass man an einer Froschnetzhaut am folgenden Tage noch einen schwachen Rest der Färbung erkennt. Hätte er gesagt, die Farbe des ganzen Objectes werde weisslicher, so wäre dagegen nichts zu sagen, obgleich es irrelevant für den Purpur ist, dass seine Sättigung auf der im Absterben getrübten Unterlage geringer wird. *Valentin* sagt, er habe die Froschretina zwischen Objectträger und Deckglas aufbewahrt, ohne hinzuzufügen, ob er sie feucht hielt. Unterliess er das letztere, so musste er sie nach 24 Stunden angetrocknet finden, was ihre Farbe freilich nicht aufhebt, sie jedoch in eine theils durchsichtigere, theils Luft führende rissige Masse verwandelt, deren Farbe erst durch Aufweichen wieder so gut sichtbar wird wie zuvor. Dies ist meine Erklärung der Sache; wer sie gesucht findet, kommt nicht ohne die unfreundlichere Annahme aus, dass *Valentin* das Licht nicht ordentlich abgehalten habe.

Soviel über die Froschretina. Milder fällt die Erklärung der Angaben über den Purpur des Kaninchenauges aus, denn was dieselben über Bleichung oder Erhaltung des Purpurs berichten, wurzelt zumeist einfach in der unzulässigen Methode, die Netzhautfarbe in situ beim Hineinsehen in den Grund des eröffneten und von hinten beleuchteten Auges oder durch die Sklera im Lichte, das durch die Cornea eingefallen, beurtheilen zu wollen. Ich habe längst bewiesen, dass man in dieser Weise die Netzhautfarbe nicht sehen kann, da Niemand, dem ich ein albinotisches Kaninchenauge so zeige, mir sagen kann, ob es ein Optogramm enthält oder nicht, was zugleich die Prüfung einschliesst, wie viel oder wie wenig von dem Stäbchenpurpur auf diffusem blutrothem Grunde überhaupt zu sehen ist. Manche Bemerkungen *Valentin*'s über das Schwinden der Netzhautfarbe beziehen sich daher gar nicht auf diese, sondern auf die des Blutes der Uvea und dessen Fortrücken

aus den Gefässen, andere, bei denen zugleich die Wirkung von Reagentien der verschiedensten Art in Betracht kommt, auf das Opakwerden sowohl der Retina, wie des Gewebes der Aderhaut. Es würde zu weit führen hier alle Einzelfälle durchzugehen, da jeder Bearbeiter des Gegenstandes sich alsbald überzeugen wird, dass er mit solchen Beobachtungsweisen von einem Irrthum in den andern fällt.

Nach *Valentin* soll die Netzhautfarbe bei — 6 und — 13° C. in einigen Minuten vollkommen zerstört werden, aber er sagt nicht ob ihm die weiss gefrorenen oder die wieder aufgethauten Netzhäute farblos erschienen. Es würde mir eine Freude sein das erstere annehmen zu dürfen, da ich mir allenfalls denken kann, dass Jemand das helle Rosa der erstarrten Membranen für Bleichung nehme, wenn er es unterlässt die im Dunkeln wieder aufgethauten, deren Farbe unverändert wiederkehrt, zu besehen.

Das Frieren und Thauen muss besonders, wenn es plötzlich und wiederholt geschieht, mechanische Veränderungen an der Retina erzeugen und diese Ueberlegung ist es vielleicht, die *Valentin* um so weniger Anstoss an seiner Beobachtung nehmen liess, als vor ihm nicht nur der gleiche Erfolg von dem Gefrierversuche, sondern sogar von blosser mechanischer Gewalt behauptet worden. Von der erstaunlichen Eigenschaft der Netzhaut durch Druck entfärbt zu werden, las man zuerst in dem Berichte eines italienischen Militairarztes über Netzhautfarben, später leider in deutscher Sprache in einer ernsthaften wissenschaftlichen Zeitschrift: zwischen zwei Glasplatten zerdrückt sollte eine Retina farblos werden. Nichts kann unzweifelhafter sein; aber hat man jemals gehört, dass Einer sich bei dem Wunder aufgehalten, wenn ein Farbetropfen oder ein Klümpchen gefärbter Gelatine so dünn zu drücken war, bis man die Farbe nicht mehr sah? Genau so steht es um die Retina, deren Farbe natürlich wiederkehrt, wenn man sie wieder zusammenschabt. Wer die Lichtempfindlichkeit der isolirten Netzhaut nicht kannte, konnte mit dem Versuche vielleicht schwer zu Stande kommen, aber von Jemandem, der jenen Schlüssel zur Photochemie der Netzhaut selbständig auch gefunden zu haben vorgab, begreift man nicht, wie ihm der nächste aller Einfälle entging: die Netzhaut im Dunkeln zu quetschen, wieder zusammen zu häufeln und dann am Lichte zu besehen. Das konnte man auch ohne die von mir für diese Zwecke gelehrte Natronbeleuchtung recht gut ausführen. Da es nicht geschehen ist, muss also jener „unaussprechliche“ Versuch wirklich und ausdrücklich zu Grabe getragen werden.

Der Sehpurpur soll nach *Valentin* im lebenden Auge besonders bei monochromatischem Lichte auch ophthalmoskopisch zu erkennen sein. Ich wünschte sehr, dass es so sei und hätte um so lieber Beweise dafür gefunden, als eigene Versuche mich noch nicht aus dem Dilemma brachten, den Sehpurpur für ophthalmoskopisch unzugänglich oder mein Geschick für unzulänglich zu halten. *Valentin* sieht mit dem Augenspiegel (l. c. z. B. S. 62) dreierlei: 1. das Leuchten des Sehloches (Pupille), 2. der Blutgefässe, 3. des Augengrundes zwischen den Blutgefässen. Nro. 1 darf ihm nicht

geraubt werden, denn er versichert alle 3 Phänomene bei einem und demselben möglichst einfarbigen Lichte in verschiedener Farbe sehen zu können, z. B. bei grünem, 1. sehr rein weiss, 2. schwarz bis tief schwarzroth, 3. weiss bis weissgrünlich. Um kein Misstrauen zu wecken, bin ich genöthigt *Valentin*'s anknüpfenden Schluss (S. 63) wörtlich wieder zu geben. Er lautet:

„*Das schwarze Ansehen der Blutgefässe bei einer einfarbigen nicht rothen Beleuchtung erklärt sich dadurch, dass hier, wie bei jedem andern rothen Körper, keine rothen Strahlen zurückgeworfen werden. Zeichnete sich die grüne Flamme des schwefelsauren Kupferoxyd-Ammoniaks dadurch aus, dass das Sehloch in sehr reinem Weiss leuchtete, so folgt, dass unter den grünen Linien, welche dieser Körper im Spectrum zeigt, eine oder mehrere einem Grün entsprechen, das genau die Ergänzungsfarbe des Netzhautroth des Albinokaninchens bildet. Das S. 35 erwähnte grüne Glas leistete ähnliches, wenn auch unvollständiger. Das vorherrschende Weiss, welches die gelbe und die andern Arten grüner Flammen lieferten, deutet an, dass Ergänzungsfarben genug für solche Beleuchtungsarten im Innern des Auges vorhanden sind und dann die Hauptmasse der Netzhaut ihre Farbe nachdrücklicher geltend machen kann.*“ —

Wesshalb *Valentin*, um grünes Licht zu erhalten, gerade die Kupferflamme nahm, die ausser grünen sogar schwächere rothe, gelbe und hellere blaue Linien gibt, versteht man nicht, ebensowenig, wesshalb er sich dazu nicht, wie alle Welt, des Chlorkupfers bediente; welche Meinung er indess von seinem Kupferlichte haben mochte, so bleibt der Sinn seines Denkganges der nämliche und dieser befreit uns nicht von der Befürchtung, dass der Verf. den Sehpurpur für selbstleuchtend halten müsse (vergl. auch l. c. S. 35). — Ich habe die Froschnetzhaut in *Becquerel*'s Phosphoroskop untersucht und in keinem noch so intensiven, auch in keinem monochromatischen Lichte daran Phosphorescenz, die man der Fluorescenz wegen vielleicht hätte erwarten dürfen, bemerken können.

Nach den angeführten Proben der *Valentin*'schen Arbeit kann ich nicht weiter gehen und muss es den Fachgenossen überlassen selbständig zu entscheiden, was von des Verf. Angaben zu halten sei, dass der Sehpurpur in O,H,CO_2,CO der Reihe nach langsamer vom Lichte afficirt werde, ob es richtig sei, dass NaCl von 10 pCt. den Sehpurpur zerstöre, eine gesättigte Lösung nicht, ob es ein guter Griff gewesen ganze Netzhäute kräftiger Elektrolyse auszusetzen, wenn man weiss, dass Säuren und Alkalien die Farbe zerstören und daraus zu schliessen, dass erregter Sauerstoff die Ursache sei, seit ich zeigte, dass Ozon nichts über den Sehpurpur vermag, und hinzufügen kann, dass weder die Netzhaut noch eine Purpurcholatlösung in Berührung mit dem von *Hoppe-Seyler* für solche Zwecke verwendeten Palladiumwasserstoff jemals entfärbt werden. Der Leser möge endlich urtheilen, ob es recht war, die Kritik dieser Mittheilungen eines Autors, dessen redliches Bemühen seit einem halben Jahrhundert bekannt ist, zu provociren. *W. K.*

Notiz über die Netzhaut der Eule.

Trotz vieler Bemühungen habe ich es so schwer gefunden lebende Eulen in genügender Anzahl für manche wichtige Versuche, die sich damit anstellen liessen, zu erlangen, dass ich es für zweckmässig halte, über Beobachtungen, die mir am Eulenauge anzustellen möglich geworden, von Zeit zu Zeit etwa in der Weise zu berichten, wie es gewöhnlich mit den auf das menschliche, verhältnissmässig leichter zu erlangende Auge bezüglichen geschieht.

Zwei junge Waldkäuze (Syrnium aluco) von mittlerer Grösse und geringer Abweichung im Gefieder benützte ich, um eigene und fremde frühere Beobachtungen über das Eulenauge zu controliren und die Netzhäute nach längerem Dunkel- und Hellaufenthalte zu vergleichen. Ich liess das eine Exemplar, vom 1.—16. Sept., in unserem vortrefflichen Dunkelzimmer, das andere in einem nach oben und an den Wetterseiten mit Glas gedeckten Drahtkäfige an einem zuweilen auch directem Sonnenscheine zugänglichen Platze im Freien halten. Die Lichtscheu des letzteren war nur im Anfange auffallend; später sah man es fast immer mit weitgeöffneten Augen oft selbst der Sonne zugekehrt sitzen, nachdem es derselben in den ersten Tagen sehr beharrlich den Rücken gewiesen und bei jeder grösseren Helligkeit die Lider geschlossen hatte. Die schwer zu sehende von einer sehr dunklen Iris umrahmte Pupille wurde niemals auffallend eng, was die Lichtscheu im Allgemeinen schon einigermassen erklärlich macht. Wie viel die Eule im hellen Lichte zu sehen vermochte, war schwer zu beurtheilen, da sie sich zuweilen ohne erkennbaren Anlass wild geberdete, andererseits von den sich oft zahlreich um den Käfig versammelnden und lärmenden kleinen Vögeln gar keine Notiz zu nehmen schien.

Am 17. Sept. liess ich das Thier Morgens 8 Uhr in's Dunkle setzen und machte mich eine Stunde darauf an die Untersuchung der Netzhaut. Dieselbe wurde so prächtig purpurn gefunden, wie die des andern gänzlich im Dunkeln gehaltenen Tags zuvor untersuchten: die Regeneration war in den langen Stäbchen augenscheinlich bis an die Grenze der Innenglieder hin vorgeschritten, und ich glaube daher kaum, dass der Process wesentlich langsamer verlaufen werde, als beim Säugethiere.

1) Die bemerkenswertheste Differenz fand sich im Epithel der Netzhaut der beiden Thiere. Dasselbe enthielt (was ich früher [Bd. I, S. 27] nicht gesehen hatte), Fetttropfen in reichlicher Menge, bei dem dunkel gehaltenen in den meisten Zellen von bedeutendem, den Zellenhut fast ausfüllendem Umfange und sehr blasser, kaum strohgelber Farbe, bei dem hell gehaltenen ausschliesslich in Gestalt kleiner und kleinster Tröpfchen von überall intensiv citrongelber Farbe, deren meist 4—10 dicht zusammen lagen. Ich hatte diese Bildungen in den Augen der lange dunkel gehaltenen Eule zuerst

ganz vermisst, als ich aber am folgenden Tage die in Salzwasser liegen gebliebenen Augengründe noch einmal sorgfältig durchmusterte, fand ich darin, und wie es schien an den mehr peripherisch gelegenen Theilen, auch einzelne solcher aus kleinen und intensiver gefärbten Fettkügelchen bestehende Häufchen. Der Unterschied bestand demnach darin, dass nur dem lange vor Licht geschützten Auge die grossen blassen Fetttropfen zukamen.

2) Fanden sich nur bei dem hell gehaltenen Thiere ausser den tiefgelben Tröpfchen, zahlreiche farblose Klümpchen, die durch ihre knollige Gestalt und nach der Lichtbrechung sogleich an die beim Frosche vorkommenden ähnlichen Gebilde erinnerten, von denen sie nur in der etwa $^1/_4$—$^1/_6$ davon betragenden Grösse abwichen. In Galle von 5 pCt. zeigten sie auch dieselbe Löslichkeit. Im Auge der andern Eule konnte davon nur nach langem Suchen etwas in sehr wenigen Zellen gefunden werden.

3) Enthielten die sämmtlich mit langen pigmenttragenden Fortsätzen versehenen, beim Ablösen jedoch gar nicht an der Retina adhärirenden Zellen nur in den länger belichteten Augen jene glänzende struppige Zone in der Höhe des Zellenleibes, wo die dunklen Pigmentstäbchen beginnen. Meine Annahme, dass die braunen Pigmentnadeln auch im lebenden Epithel vom Lichte erblassen, dürfte in diesem Objecte noch am ersten zu erweisen sein und ich muss bekennen, dass der Anblick dieses Epithels meine Meinung, dass man das gebleichte Pigment in situ sehe, erheblich befestigt hat. Bei der Probe mit Galle fand ich es aber auch hier unmöglich zu einer festen Ueberzeugung zu kommen, nachdem das Zellprotoplasma ganz gelöst und sein Inhalt gleichmässig ausgestreut war, da die lebhafte Molecularbewegung scharfe Einstellungen auf einzelne farblos scheinende Stäbchen unmöglich machte.

Nach der Entfärbung des Sehpurpurs, die weder schneller noch langsamer als bei andern Thieren am Lichte zu erfolgen schien, fand ich in allen vier Netzhäuten Zapfen sowohl mit farblosen, wie mit blass grünlichgelben grösseren und mit $^1/_2$—$^2/_3$ davon messenden kleineren, ziemlich intensiv gelben Kügelchen. Die ersteren erschienen bei dem Dunkelthiere so wenig gefärbt, dass man sich erst in den Anblick einleben musste, um die schwache Färbung zu erkennen, die letzteren so, dass ihre Farbe wenigstens nicht zu übersehen war. Unzweifelhaft intensiver waren beide Farben bei dem hellgehaltenen Thiere, auch schien die Anzahl der grösseren blass grünlichgelben bedeutender, besonders wenn man von den Augen der beiden Thiere nur die centralen Antheile der Netzhäute verglich. Immerhin waren die Differenzen jedoch nicht gross genug, um nicht auch für individuelle gehalten werden zu können. Wie beschwerlich es sein mag, so wird man also künftig versuchen müssen zwei Augen einer Eule zu vergleichen, deren eines lichtdicht verschlossen worden.

Schwach roth gefärbte Zapfenkugeln, die ich früher bei einem, wie ich bemerken muss, älteren Exemplare derselben Species fand, habe ich an diesen beiden vergeblich gesucht.

Makroskopisch war an den Netzhänten auch nach dem Trocknen, das zweifelhaft gefärbte Vogelnetzhäute immer überraschend intensiv orange werden lässt, keinerlei Färbung zu erkennen und es verschwand in ihnen auch das Sehgelb am Lichte ziemlich rasch. Nur ein im Dunkeln einige Stunden feucht aufbewahrtes und abgestorbenes Netzhautstückchen zeigte die früher von mir bemerkte längere Haltbarkeit des Sehgelb am Lichte, nachdem die Purpurfarbe, wie gewöhnlich schnell bis soweit verwandelt war.

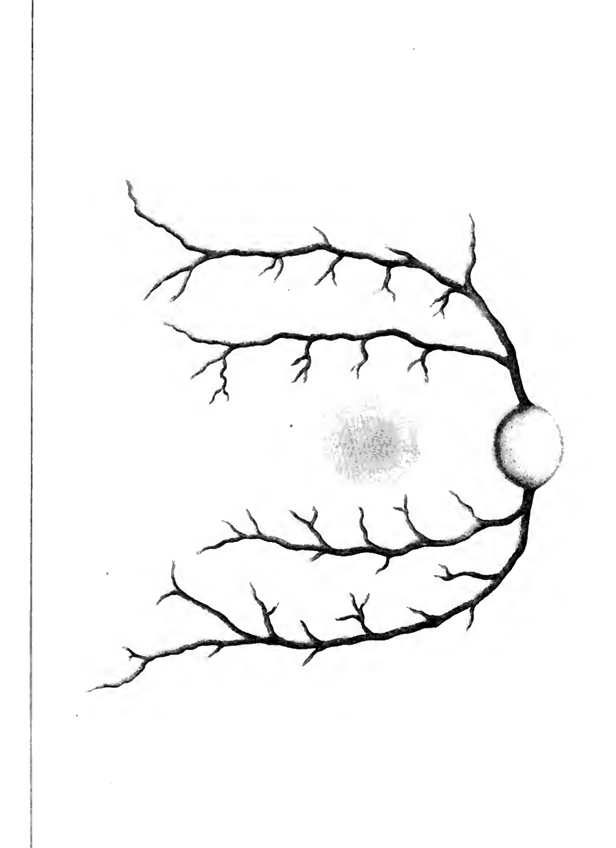
Die ora serrata retinae fand ich im Eulenauge ausserordentlich weit nach hinten liegend, nur wenige Mm. in den hohen Knochenring der Sklera hineinragend.

In der Hoffnung von Vogelaugen, deren Stäbchen wie die der Eulen Purpur besitzen, weitere Aufschlüsse über das Verhalten der retinalen Pigmente zum Lichte zu gewinnen, habe ich noch zwei zufällig erhaltene Bussarde (Buteo vulgaris) zu ähnlichen Beobachtungen benutzt. Meine Voraussetzung, dass wol allen Raubvögeln Sehpurpur zukomme, bewährte sich, denn ich fand die Netzhaut ebenso wie früher die des Falken im Allgemeinen von schwacher, an einigen Stellen von etwas intensiverer streifiger Purpurfarbe, die am Lichte, wie gewöhnlich, erblich. Alle Theile der Netzhaut erschienen darauf sehr schwach oder zweifelhaft gefärbt, obwohl darin mikroskopisch überall farbige Kugeln zu erkennen waren.

Die Retina des einen 10 Tage im Dunkeln gehaltenen Bussards zeigte ausser ziemlich vielen farblosen, rothe, orange und gelbgrüne Zapfenkugeln von mässiger Intensität der Farbe, das Epithel ausser schwarzem Pigment, keine farbigen Bestandtheile, keine Fetttropfen, aber im hinteren Theile der Zellen massenhaft eingelagerte farblose Klümpchen, die sich in Galle lösten. Im Uebrigen war das Protoplasma dieser Zellen nicht sehr glänzend, sehr feinkörnig und nicht streifig.

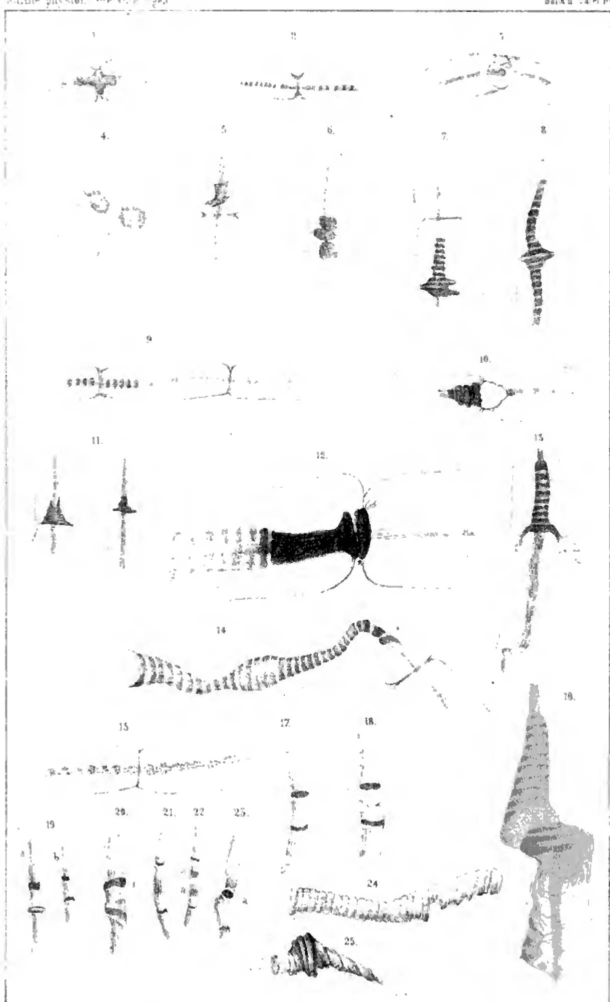
Bei dem 11 Tage im hellsten Lichte gehaltenen Thiere, das am folgenden Tage nach vierstündigem Verweilen im Dunkeln untersucht wurde, fanden sich die rothen Zapfenkugeln so intensiv gefärbt, dass einige fast schwarz oder rothbraun aussahen und die kleineren orangen, meist unmittelbar daneben gelegenen ebenfalls sehr intensiv gefärbt. Dagegen fehlten gelbgrüne Kugeln gänzlich, aber ebenso die farblosen, denn was überhaupt ausser den orange und rothen an Zapfenkugeln zu sehen war, war von zwar blasser, aber entschieden kenntlicher bläulichgrüner Färbung, die auch an einzelnen losgelösten Zapfen, wo von Täuschungen durch Contrast nicht die Rede sein konnte, ganz deutlich hervortrat. Die Zahl dieser Kugeln war begreiflich sehr gross.

Auch das Epithel dieser Netzhaut war von dem des dunkel gehaltenen Bussards sehr verschieden: es enthielt keine Spur der dort gefundenen farblosen in Galle löslichen Klümpchen und war im pigmentfreien Theile sehr glänzend, streifig, etwa wie von Bacterien vollgepfropft aussehend, so dass man noch mehr, als bei der Eule, auf den Gedanken kommen musste, ausgebleichte Pigmentnadeln vor sich zu haben. *W. K.*



Ewald del. Lith. Anst. v. A. Funke, Leipzig

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg



Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

Digitized by Google

Digitized by G

In **Carl Winter's** Universitätsbuchhandlung in **Heidelberg** sind neu erschienen:

Blankenhorn, Dr. Adolf, **Ueber die Phylloxera vastatrix und die Organisation ihrer Bekämpfung.** Vortrag, gehalten am 7. Februar 1878 im polytechnischen Verein in Carlsruhe. gr. 8°. brosch. 60 Pf.

Haller, Dr. phil. G., **Die kleinen Feinde der Phylloxera.** Studie zu Ehren des Congresses deutscher Oenologen in Freiburg i. Br. Mit einer Tafel. gr. 8°. brosch. 1 M. 60 Pf.

Neidig, Wilhelm, **Geologische Elemente** enthaltend einen idealen Erddurchschnitt, sowie die Geschichte der Erde nach den fünf geologischen Entwicklungsperioden mit genauer Angabe der Eruptionen, Systeme und Formationen, Charakteristik der Systeme und Verzeichniss der organischen Ueberreste (Versteinerungen). Für Schulen und zum Selbstunterricht zusammengestellt. Dritte Auflage. Cartonnirt 1 M.

Pfaff, Dr. Friedrich, Professor in Erlangen, **Fünf naturwissenschaftliche Vorträge.** gr. 8°. brosch. 1 M. 80 Pf.

Inhalt: I./II. Ist die Welt von selbst entstanden oder ist sie geschaffen worden? III. Anfang und Ende unserer Sonne. IV. Die Grenzen der Naturerkenntniß. V. Ueber Erdbeben.

Riley, C. V., **Ueber dem Weinstock schädliche Insekten.** Die Rebenphylloxera. Phylloxera vastatrix Planchon. (Unterordnung Homoptera, Familie Aphididae. Vom Verfasser autorisirte Uebertragung. Mit 2 xylographischen Tafeln. gr. 8°. brosch. 2 M. 40 Pf.

Verhandlungen des naturhistorisch-medicinischen Vereins zu Heidelberg. Neue Folge. II. Band. 1. Heft. Mit 1 Tafel. gr. 8°. brosch. 2 M.

Inhalt: *W. Kühne*, Ueber die Verbreitung einiger Enzyme im Thierkörper. — *Leopold Weiss*, Zur Flüssigkeitsströmung im Auge. — *Richard Börnstein*, Der Einfluss des Lichtes auf elektrische Spannung in Metallen. — *E. Pfitzer*, Beobachtungen über Bau und Entwicklung der Orchideen. — *A. Horstmann*, Ueber Verbrennungserscheinungen bei Gasen. II. — *Ludwig Koch*, Ueber die Entwicklung des Samens von Monotropa Hypopitys L.

Dasselbe, II. Band. 2. Heft. Mit 4 Tafeln. gr. 8°. brosch. 6 M.

Inhalt: *Karl Mays*, Beiträge zur Kenntniss des Baues der Sehnen. — *E. Askenasy*, Ueber eine neue Methode, um die Vertheilung der Wachsthumsintensität in wachsenden Theilen zu bestimmen. — *E. Cohen*, Ueber den Meteoriten von Zsadány, Temesvar Comitat, Banat.

Willgerodt, Dr. C., **Die allgemeinsten chemischen Formeln:** ihre Entwicklung und Anwendung zur Ableitung chemischer Verbindungen. gr. 8°. brosch. 5 M.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

BAND II. HEFT 3.

7. ERGÄNZUNGSHEFT ZU DEN VERHANDLUNGEN DES NATURHISTORISCH-MEDICINISCHEN VEREINS ZU HEIDELBERG.

INHALT.

ZUR VERDAUUNG BEI DEN KREBSEN von C. FR. W. KRUKENBERG. 261. — ÜBER EIN PEPTISCHES ENZYM IM PLASMODIUM DER MYXOMYCETEN UND IM EIDOTTER VOM HUHNE von C. FR. W. KRUKENBERG. 273. — MANGAN OHNE NACHWEISBARE MENGEN VON EISEN IN DEN CONCRETIONEN AUS DEM BOJANUS'schen ORGANE VON PINNA SQUAMOSA. GM. von C. FR. W. KRUKENBERG. 287. — ZUR DÜNNDARMVERDAUUNG von Dr. med. A. MASLOFF. 290. — ZUR DEGENERATION DURCHSCHNITTENER NERVEN von Dr. TH. RUMPF. 307. — ÜBER DAS BRAUNE PIGMENT DES AUGES von Dr. KARL MAYS. 324. — UEBER DIE ENZYMBILDUNG IN DEN GEWEBEN UND GEFÄSSEN DER EVERTEBRATEN von C. FR. W. KRUKENBERG. 338. — NACHTRAG ZU DEN UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE ERNÄHRUNGSVORGÄNGE BEI CÖLENTERATEN UND ECHINODERMEN von C. FR. W. KRUKENBERG. 366. — NOTIZEN ZUR ANATOMIE UND PHYSIOLOGIE DER NETZHAUT. 378.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1878.

Diese Untersuchungen erscheinen in zwanglosen, auch einzeln käuflichen Heften, deren vier einen Band bilden.

Erschienen sind bereits:

Band I. Heft 1. Inhalt: Zur Photochemie der Netzhaut (2. Abdruck) von W. Kühne. — Ueber den Sehpurpur von W. Kühne. — Mit 1 Tafel. gr. 8°. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heft 2. Ueber die Verbreitung des Sehpurpurs im menschlichen Auge von W. Kühne. — Weitere Beobachtungen über den Sehpurpur des Menschen von W. Kühne. – Zur Chemie der Altersveränderungen der Linse von Dr. med. M. Knies. — Das Sehen ohne Sehpurpur von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur von A. Ewald und W. Kühne. — Kurze Anleitung zur Verwendung der Verdauung in der Gewebsanalyse von W. Kühne. — Mit 4 Holzschnitten. gr. 8°. brosch. 4 M.

Heft 3. Ueber die Darstellung von Optogrammen im Froschauge von W. Kühne. — Eine Beobachtung über das Beleuchten der Insectenaugen von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur. (Fortsetzung von Heft 2.) Von A. Ewald und W. Kühne. — Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente von W. Kühne. — gr. 8°. brosch. 3. M. 60 Pf.

Heft 4. Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen von C. Fr. W. Krukenberg. — Ueber lichtbeständige Farben der Netzhaut von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur (Schluss) von A. Ewald und W. Kühne. — Bemerkungen über den Nachweis von Enzymen in der Unterkieferdrüse des Kaninchens von J. N. Langley. — Zur Physiologie der Speichelabsonderung von J. N. Langley. — Mit 6 Tafeln. gr. 8°. brosch. 8 M. 80 Pf.

Band II. Heft 1. Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge von C. Fr. W. Krukenberg. — Beobachtungen über Druckblindheit von W. Kühne. — Ueber die Stäbchenfarben der Cephalopoden von C. Fr. W. Krukenberg. — Erwiederung auf einen Angriff des Herrn Hoppe-Seyler von W. Kühne. — Beobachtungen an der frischen Netzhaut des Menschen von W. Kühne. — Ueber Sehpurpur und Retinaströme von Frithiof Holmgren. — Fortgesetzte Untersuchungen über die Retina und die Pigmente des Auges von W. Kühne. — Mit 3 Tafeln. gr. 8°. brosch. 7 M.

Heft 2. Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders von Dr. Th. Rumpf. — Zur Histologie der motorischen Nervenendigung von W. Kühne. — Ueber Regeneration des Sehpurpurs beim Säugethiere von W. C. Ayres und W. Kühne. — Ueber die entoptische Wahrnehmung der Macula Lutea und des Sehpurpurs von Dr. August Ewald. — Notiz über die Wirkung des Silbernitrats auf die Nervenfaser von L. v. Morochowetz. — Zur Abwehr einiger Irrthümer über das Verhalten des Sehpurpurs (von W. Kühne). — Notiz über die Netzhaut der Eule (von W. Kühne).

Heidelberg.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung.

Zur Verdauung bei den Krebsen.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

In einer frühern Abhandlung[1]) ist von mir gezeigt, dass bei Astacus fluviatilis und ebenso bei noch andern Arthropoden der Leberauszug wie das natürliche Lebersecret zwei eiweissverdauende Enzyme enthält. Der Beweis wurde dadurch geliefert, dass ich das tryptische Enzym durch das peptische in saurer, das peptische durch Digestion in einer 2 procentigen Sodalösung

[1]) Vergleichend physiol. Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Baud II, S. 23.

Die Versuchsanordnung ist in dieser Arbeit, sowie in meiner ersten Mittheilung „Versuche z. vergl. Physiologie etc.“ (Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. I, S. 328) ausführlicher beschrieben, so dass hier nur darauf hingewiesen zu werden braucht, dass nicht nur die mit wenigen Fibrinflocken angestellten Verdauungsversuche durch gleichzeitig angestellte Versuche mit den gekochten enzymatischen Auszügen controlirt wurden, sondern dass Controlversuche auch bei der Verdauung grösserer Fibrinmengen niemals unterblieben; denn es unterliegt, wovon auch ich mich wiederholt überzeugen konnte, eine grössere Fibrinmasse in salzsaurer Lösung bei Zusatz von gelösten organischen Substanzen viel eher dem Zerfalle, als eine einzelne Flocke. Die Einwirkung liess ich wie früher bei den fibrinverdauenden Versuchen 1—2 Tage, bei den gekochte Stärke saccharificirenden 2—3 Stunden währen. In der grossen Mehrzahl der Fälle trat ein Erfolg bei der Fibrinverdauung aber weit früher (1/2—1 Stunde) ein, so dass ein die enzymatische Wirkung erheblich verzögernder Salicylsäure — resp. Thymolzusatz nicht erforderlich war. Zum Nachweis der Diastase dienten wässrige — wie Glycerinauszüge, welche direct und nach vorhergegangener Dialyse zu den Versuchen Verwendung fanden. Dass auch diese Versuche mittelst gleich zubereiteter gekochter Auszüge der Controle unterworfen wurden, braucht kaum erwähnt zu werden.

Eine Temperatur von 38—40° C. erwies sich in allen daraufhin untersuchten Fällen als die geeignetste, und sie wurde desshalb allgemein eingehalten.

bei 38° C.—40° C. vollständig zu zerstören vermochte. Der Beweis, dass sich bei einigen Crustaceen in dem Auszuge und dem Secrete der Leber mindestens zwei eiweissverdauende (ein peptisches und ein tryptisches) Enzyme finden, lässt sich aber auch rein vergleichend physiologisch führen.

Bei Eriphia spinifrons und Squilla mantis konnte weder durch Ansäuern des Leberglycerinauszuges mit Salzsäure, noch durch Extraction der Lebern dieser Krebse mit 0,2 procentiger HCl eine peptische Wirkung auf rohes oder gekochtes Fibrin erzielt werden; in einer Flüssigkeit von 2 pCt. Sodagehalt, wurde aber vom natürlichen Verdauungssafte sowie von dem wässerigen — und Glycerinauszuge der Leber rohes und gekochtes Fibrin sehr bald verdaut. Demnach ist die enzymatische Wirkung des rein tryptisch wirkenden Lebersecretes bei diesen Arten eine wesentlich andere als die des Verdauungssaftes von Astacus fluviatilis.

Während bei Eriphia spinifrons und Squilla mantis das peptische Enzym ausfällt, tritt bei Homarus vulgaris merkwürdiger Weise das tryptische sehr zurück. In einer Lösung von 0.2 pCt. HCl wirkte das Leberglycerinextract und der im Magen angesammelte Verdauungssaft in wenigen Minuten verdauend auf rohes (selbst nach 3 Tagen, aber nicht auf gekochtes) Fibrin, während dieselbe Menge des Leberglycerinauszuges erst nach etwa 20 Stunden[1]) eine gleich grosse Flocke rohen Fibrins in 2 procentiger nicht thymolisirter Sodalösung verdaut hatte. Auch der natürliche Verdauungssaft, welcher wie das Lebergewebe eine schwach saure Reaction besass, wirkte, auf einen Gehalt an 2 pCt. Soda gebracht, im Laufe von 12 Stunden auf rohes Fibrin nicht verdauend ein. Der Mageninhalt

---

[1]) Fäulnisserscheinungen waren durchaus nicht wahrzunehmen, und der Controlversuch liess keine Veränderung des Fibrins erkennen.

zeigte eine kräftig peptische Wirkung auf rohes Fibrin in 0.2 proc. Salzsäure, 2 und 4 procentiger Essigsäure, 1—4 procentiger Weinsäure und 1—4 procentiger Milchsäure. In Oxalsäurelösungen von 1—4 pCt. fehlte die fibrinverdauende Eigenschaft und sie stellte sich auch dann nicht ein, wenn nach 12stündiger Digestion der oxalsäurehaltigen Verdauungsflüssigkeit bei 38° C. die Oxalsäure durch Dialyse im fliessenden Wasser entfernt und durch HCl (die Verdauungsflüssigkeit wurde auf 0.2 pCt. ClH gebracht) resp. durch Soda ersetzt wurde. Bei Zusatz von Borsäurelösungen (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.) fehlte ebenfalls die eiweissverdauende Wirkung; diese liess sich aber leicht erhalten — selbst nach zweitägiger Digestion einer 4 pCt. Borsäure-haltigen Verdauungsflüssigkeit — wenn ausserdem Milchsäure, Salzsäure, Essigsäure oder Weinsäure zugesetzt wurden. Die Verdauung des gekochten Fibrins in irgend einer der erwähnten Säuren (bei einem Procentgehalte von 0.5, 1.0, 2.0 und 4.0) misslang mir stets.

Um eine ungefähre Vorstellung von der Energie dieses Pepsins und der Quantität desselben in der Hummerleber zu geben, sei folgender Versuch erwähnt.

Einem halben Liter 0.2 procentiger HCl wurde bei einer constanten Erwärmung von 40° C. so lange rohes, mit der Hand stark ausgepresstes Fibrin zugesetzt, bis die entstandene Gallerte so widerstandsfähig geworden war, dass ein unter dem spitzesten Winkel in dieselbe eingesteckter Glasstab nicht mehr dem Gesetze der Schwere folgte; der Glycerinauszug (10 Gramm) von etwa $^1/_{16}$ Hummerleber wurde hinzugefügt, und nach kaum einer halben Stunde gelang es nicht mehr den in senkrechter Stellung gehaltenen Glasstab in der stark verdauten Masse zu fixiren. Nach zwei Stunden war alles Fibrin vollständig verdaut, und die wässrige Beschaffenheit der Verdauungsflüssigkeit liess nichts von der frühern Gallerte und den grossen Mengen des Fibrins vermuthen, welche sie jetzt im verdauten Zustande ent-

hielt. Gleiche 10 gr. desselben Glycerinauszuges, welcher in so kurzer Zeit grosse Quantitäten von rohem Fibrin in lösliche Substanzen übergeführt hatte, waren nicht im Stande binnen 50 Stunden nur Eine Flocke gekochten Fibrins in 0.2 procentiger Salzsäure peptisch zu verändern. Wohl Niemand, der diese Versuche anstellen wird, kann im Zweifel sein, dass das Pepsin des Hummers (und ebenso verhalten sich nach meinen Untersuchungen die in 0.2 procentiger HCl wirksamen Enzyme aller bis jetzt untersuchten Gliederfüsser) von dem echten Pepsin wesentlich verschieden ist; denn Mengen des letztern, welche so rapide rohes Fibrin verdauen, vermögen in kurzer Zeit auch des gekochten Herr zu werden.

Durch seine Unwirksamkeit in Oxalsäure — (0.5—4.0 pCt.) haltigen Lösungen, durch die reichliche Bildung von Peptonen unterscheidet sich das Homaropepsin — wie das in 0.2 procentiger Salzsäure rohes Fibrin verdauende Pepsin der Arthropoden fernerhin heissen mag — von dem Helicopepsin, durch die Unfähigkeit gekochtes Fibrin in 2 procentiger Essigsäure in eine lösliche Form zu bringen vom Conchopepsin, und durch seine vollständige Wirkungslosigkeit dem gekochten Fibrin gegenüber in Lösungen andrer organischer Säuren von dem in meiner folgenden Arbeit gekennzeichneten Pepsin der Myxomyceten.

Die mittelst des Homaropepsins verdaute Masse einer hinreichend grossen Quantität rohen Fibrins wurde mit NaOH neutralisirt, und der zähe Niederschlag abfiltrirt, um aus dem Filtrate durch Dialyse die Peptone zu erhalten. Dieselben hatten sich reichlich gebildet; denn das Dialysat nahm auf Zusatz von NaOH und SO_4Cu eine röthliche Färbung an und färbte sich beim Erwärmen mit dem *Millon*'schen Reagens intensiv roth. In dem Schlauche aus vegetabilischem Pergamentpapier, welcher zur Dialyse diente, war durch den Austritt des Kochsalzes ein Eiweisskörper unlöslich geworden. Dieser wurde auf einem Filter ge-

sammelt, in Wasser oder 5 procentiger Kochsalzlösung bei 100° C. gelöst und das Filtrat abgekühlt. Es entstand ein weisser Niederschlag, der beim abermaligen Erwärmen verschwand und beim Abkühlen wieder auftrat. In der wässrigen Lösung dieses Eiweisskörpers entstand durch Essigsäure und Ferrocyankalium eine weisse Fällung und auf Zusatz von NaOH und SO_4Cu röthete sie sich in der Kälte wie die Peptone. Einige Tropfen NO_3H riefen in der Kälte einen weissen Niederschlag hervor, welcher beim Erwärmen verschwand, beim Abkühlen abermals auftrat und durch Erwärmen wieder in Lösung gebracht werden konnte. Durch diese Versuche ist die Gegenwart der Hemialbumose unter den Verdauungsproducten hinreichend festgestellt. Auch aus dem Neutralisationspräcipitate der Verdauungsflüssigkeit, welches hauptsächlich aus Antialbumose bestehen dürfte, liess sich noch eine erhebliche Quantität von Hemialbumose durch Auskochen mit einer 5 procentigen Kochsalzlösung gewinnen.

Die Reaction der Speiseballen — am intestinalen Ende des Pylorus noch deutlich sauer — geht beim Hummer während der Wanderung durch den Darm allmählich in eine alkalische über, ohne dass sich aus den Contenten in irgend einem Darmabschnitte ein wässriger oder 2 pCt. Soda haltiger Auszug mit tryptischer Wirkung auf rohes Fibrin gewinnen liesse. Auch von dem Pepsin waren in den Darmcontenten, welche sowohl mit Glycerin, wie mit 0.2 procentiger HCl extrahirt wurden, nur Spuren nachweisbar.

Bei Nephrops norvegicus, welcher zwar nicht wie die übrigen Krebsarten lebend, aber lebensfrisch zur Verfügung stand, liess sich weder durch Extraction des Lebergewebes mit 2 proc. Sodalösung oder Glycerin ein tryptisches Enzym gewinnen, noch wirkte der auf einen Gehalt an 2 pCt. Soda gebrachte natürliche Verdauungssaft auf rohes oder gekochtes Fibrin bei 38° C. nach mehreren Tagen verdauend ein. Bei diesem Krebse scheint somit das tryptische Enzym vollständig zu fehlen. Pepsin

enthalten die Extracte der Leber und der Verdauungssaft reichlich, und die Wirkungen auf Fibrin in verschiedenen Säurelösungen weichen von denen des Pepsin beim Hummer nicht ab. Das peptische Enzym lässt sich noch aus den Contenten im Endabschnitte des Darmes durch Extraction mit Wasser gewinnen, während ein tryptisches Enzym auch in diesem Abschnitte des Verdauungsrohres, wo eine alkalische Reaction herrscht, aus den Darmcontenten nicht zu erhalten war. Im Uebrigen scheint ein tryptisches Enzym bei den Arthropoden selten zu fehlen; bei den Mollusken hingegen muss dieses Verhalten, worüber weitere Mittheilungen folgen werden, als Regel gelten.

Der Verdauungssaft und die Leberauszüge von Maja verrucosa und squinado, Palinurus vulgaris und Carcinus maenas enthalten sowohl ein tryptisches wie ein peptisches Enzym, welche bei allen diesen Arten sich in Lösungen von 2 pCt. Soda, 0.2 pCt. HCl, 0.5—4 pCt. Essigsäure, 0.5—4.0 pCt. Oxalsäure, 0.5—4.0 pCt. Weinsäure, und von 0.5—4 pCt. Milchsäure gleich verhalten. In wässriger und 2proc. Sodalösung wird rohes wie gekochtes Fibrin regelmässig sehr bald verdaut und in den sauren Lösungen (ausgenommen die Oxalsäure haltigen Flüssigkeiten, in welchen eine Verdauung nicht zu erzielen war), welche durch entstehende Niederschläge meist stark getrübt sind, bleibt die peptonisirende Wirkung auf rohes Fibrin selten aus. In Ungewissheit bin ich z. Z. noch über die Eigenschaft des peptischen Enzymes in dem Verdauungssafte der Crustaceen dem gekochten Fibrin gegenüber. In meinen früheren Arbeiten ist dieser Punkt fast gar nicht näher erörtert, weil ich es für rathsam erachtete, mich vorerst nach solchen Krebsarten umzusehen, bei denen weniger Enzyme in dem Verdauungssafte vergesellschaftet vorkommen als beim Flusskrebs. Es lässt sich jetzt nur soviel positiv feststellen, dass die Fähigkeit gekochtes Fibrin in essigsaurer (am besten eignet sich zu diesen Versuchen

eine 2proc. Lösung) zu peptonisiren, keine Eigenschaft des peptischen Enzymes ist, welches Fibrin in 0.1—0.2proc. HCl verdaut; denn, wie ich bereits angab, fehlt den Essigsäure-haltigen Auszügen der Nephrops- und Homarusleber, sowie den mit Essigsäure versetzten Verdauungssäften dieser Krebse eine enzymatische Wirkung auf gekochtes Fibrin, welche beim Flusskrebs[1]) und bei Coleopteren, deren Verdauungssaft fast nur ein tryptisch die Eiweissstoffe veränderndes Enzym enthält (z. B. von Hydrophilus piceus), oft sehr rapide eintritt.

Die Frage, ob die Wirkung auf gekochtes Fibrin in essigsaurer Lösung dem Arthropodentrypsin eigenthümlich ist, oder ob sie durch ein drittes eiweissverdauendes Enzym bedingt wird, kann erst dann erfolgreich in Angriff genommen werden, wenn eine hinreichend grosse Anzahl von Arthropoden in dieser Hinsicht untersucht sein wird.

Ein zweiter Punkt, welcher jetzt als klargestellt gelten kann, ist die unsichere Wirkung auf gekochtes Fibrin in schwachen Lösungen organischer Säuren (0.5 pCt.), ausgenommen in Oxalsäure. Auch diese Eigenschaft scheint an das tryptische Enzym der Arthropoden gebunden zu sein; denn die Extracte der Nephrops- und Homaruslebern verdauen selbst rohes Fibrin in Lösungen von 0.5 pCt. Weinsäure, Essigsäure oder Milchsäure sehr langsam und sind den gekochten Eiweisssubstanzen (Fibrin und coagulirtes Eierweiss) gegenüber in diesen Flüssigkeiten ganz unwirksam, während in Lösungen von höheren Concentrationsgraden rohes Fibrin in 1—2 Stunden unter Bildung von Peptonen verdaut wird.

---

[1]) In Folge eines Irrthumes bei der Abschrift steht in meiner Abhandlung „Versuche zur vergl. Physiol. der Verdauung etc.“, Unters. aus dem physiol. Institute der Univ. Heidelberg. Bd. I. S. 331. Zeile 8 von oben „wie gekochtes Fibrin“ statt „sowie in 2proc. Essigsäure auch gekochtes Fibrin“.

Eine sichere Wirkung in einer 2- und 4proc. Oxalsäurelösung[1]) konnte ich ebenso wenig mittelst der Leberglycerinextracte bei irgend einem dieser Krebse als durch die directe Extraction der Lebern der in dieser Hinsicht untersuchten Arten (Astacus fluviatilis, Homarus vulgaris, Palinurus vulgaris, Maja verrucosa und Carcinus maenas) erhalten. Es besteht in diesem Punkte eine vollständige Uebereinstimmung mit den Leberauszügen einiger anderer von mir untersuchten Arthropoden (Periplaneta orientalis, Hydrophilus piceus, Carabus auratus, Melolontha vulgaris).

Das tryptische Enzym aller von mir untersuchten Arthropoden bildet aus den Eiweissstoffen neben Peptonen in reichlicher Menge den durch Bromwasser sich röthenden Körper; Leucin und Tyrosin waren unter den Verdauungsproducten aber nicht nachweisbar.

Was die Reaction des Lebergewebes und des Verdauungssaftes bei diesen Krebsen anbelangt, so fand ich bei Maja squinado in den sechs untersuchten Fällen die der Leber so gut wie neutral, die des Magensaftes und der Contenta des Anfangstheiles vom Darme neutral oder schwach alkalisch. Bei der histologischen Untersuchung erwies sich der Darm von Maja squinado reich an Drüsen, welche nicht wie bei Hydrophilus piceus ausserhalb der Muscularis befindlich und diese mit ihren Ausführungsgängen durchbrechen, sondern direct unter der Mucosa liegen. Ihnen wird, wenn schon der Verlauf der Ausführungsgänge nicht genügend erkannt werden konnte, eine Enzymsecretion kaum abzusprechen sein, da sich ein rohes und gekochtes Fibrin in 2proc. Sodalösung sehr bald tryptisch veränderndes und ein in 0.2proc. HCl-Lösung rohes Fibrin im Laufe von zwei Stunden

[1]) Eine verdauende Wirkung auf rohes Fibrin in schwacher Oxalsäurelösung (0.5—1.0 pCt.) erhielt ich nur bei Carcinus maenas und Maja squinado.

verdauendes peptisches Enzym aus dem wohl gereinigten Darme mit Glycerin extrahiren liess. Der Inhalt des Enddarmes besass stets eine alkalische Beschaffenheit. Bei Carcinus maenas war der Verdauungssaft alkalisch; das Lebergewebe reagirte alkalisch bis sehr schwach sauer. Bei den etwa 30 Exemplaren, die mir von diesen Krebsen zur Verfügung standen, schwankte die Farbe der Leber von schwefelgelb und orange bis zum lehmfarbigen. Diese Differenzen liessen sich weder mit der Grösse, dem Geschlecht der Thiere und der Färbung des Chitinpanzers, noch mit der wechselnden Reaction des Lebergewebes in eine Beziehung bringen. Da auch dieser Krebs vivisecirt wurde, so können diese Farbenunterschiede der Lebern auch auf keine postmortale Veränderung zurückgeführt werden. Der Verdauungssaft im Magen von Maja verrucosa reagirte bald neutral, bald sauer. Ueber die Reaction der Leber und ihres Secretes fehlen mir bei Palinurus vulgaris die Erfahrungen; doch verdient wohl erwähnt zu werden, dass aus den Contenten im Darme bei diesem Krebse (abweichend von den Befunden bei Astacus fluviatilis) sowohl ein tryptisches Enzym durch 2proc. Sodalösung als ein peptisches durch 0.2 pCt. HCl zu extrahiren war. Bei Palinurus vulgaris kann demnach noch im Darme verdaut werden, während beim Flusskrebs nur in dem sogenannten Magen die eiweisshaltige Kost enzymatisch verändert wird. Dass diese Enzyme nicht nothwendig aus der Leber stammen, sondern theilweise auch von Darmdrüsenzellen, wie bei Maja squinado, secernirt werden konnten, zeigt die mikroskopische Untersuchung. Im Zottengewebe sind meist gruppenweise angeordnete Drüsenacini eingebettet, welche sich trichterförmig in die auf dem Rücken der Zotten mündenden Ausführungsgänge fortsetzen. Macht schon der histologische Befund eine secretorische Function dieser Drüsenorgane wahrscheinlich, so lieferte das Experiment den endgiltigen Beweis, dass auch in

der Darmwand eine Secretproduction stattfindet. Aus dem im fliessenden Wasser gewaschenen Darme erhielt ich einen Glycerinauszug, der neben einer diastatischen Wirkung auch die Eigenschaft besass, rohes Fibrin in 2proc. Sodalösung und in 0.2proc. HCl zu verdauen. Demnach können diese Drüsen wohl mit den Mitteldarmdrüsen von Hydrophilus piceus functionell verglichen und die Verdauungsvorgänge bei Palinurus vulgaris und Maja squinado als Bindeglied zwischen der Hydrophilus- und Astacusverdauung angesehen werden.

Bemerkenswerth ist ferner die dicke chitinöse Intima, welche den Darm der Languste bekleidet. Oft erkennt man an ihr noch den Aufbau aus einzelnen Zellen, und es scheint mir die Möglichkeit nicht ausgeschlossen zu sein, dass nur die intercellularen Räume der Intima eine Resorption ermöglichen.

Das alkoholische Extract der Palinurusleber zeigt bei einer Verdunkelung der Enden des Spectrums bis vor *B* und etwas vor *E* ein ziemlich dunkeles Absorptionsband von dem etwa $^1/_4$ hinter und $^3/_4$ vor *C* liegen. Andere Absorptionsstreifen waren im alkoholischen Auszuge der Palinuruslebern nicht aufzufinden.

Bei Maja squinado finden sich bekanntlich am Anfangstheile des Darmes einige von der Leber gesonderte Blindsäcke[1]). Mit dem Glycerinextracte der „cœcums pyloriques" erhielt ich eine fibrinverdauende Wirkung sowohl in 0.2 pCt. HCl (peptische Wirkung), als auch in 2proc. Sodalösung (tryptische Wirkung). Die *Trommer*'sche Zuckerprobe gelang aber mit der gekochten Stärkeflüssigkeit nach einer dreistündigen Einwirkung dieses Glycerinauszuges ebensowenig, wie nach Digestion der Stärke mit dem Glycerinextracte der „cœcums postérieurs", welches letztere nur in dieser Beziehung untersucht werden konnte.

1) Cf. *M. Milne-Edwards*. Histoire naturelle des Crustacés. Pl. IV. Fig. 1. m und n.

Ich werde später, in Bestätigung einer Angabe *Claude Bernard*'s ausführlicher darlegen können, dass in dem Hepatopankreas und dem Pankreas der Fische eine nothwendige Coexistenz, wie sie auf Grund eines geringen Erfahrungsmateriales mir Anfangs wahrscheinlich war, zwischen dem diastatischen und tryptischen Enzyme nicht besteht. Bei den Krebsen bietet sich dieselbe Gelegenheit zu voreiligen Vermuthungen; denn weder mit dem wässrigen wie mit dem Glycerinextracte der Lebern von Homarus und Nephrops, sowie mit dem natürlichen Verdauungssafte des ersteren daraufhin allein untersuchten Krebses konnte ich eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke erzielen. Alle von mir auf Diastase[1]) geprüften Lebern der übrigen Krebsarten, bei welchen sich auch ein tryptisches Enzym im Lebergewebe und Verdauungssafte findet, vermögen die Stärke diastatisch zu verändern. Doch findet sich bei diesen Arten die Diastase nicht so reichlich vor wie bei Astacus fluviatilis. Als besonders arm an diesem Enzyme erwies sich das wässrige und das Glycerinextract aus der Leber von Palinurus vulgaris.

Wie in der Classe der Fische[2]) ein oder das andre eiweissverdauende Enzym bei einigen Arten (viele Cypriniden einerseits, einige Muraeniden andrerseits) ausfällt, so auch bei den Krebsen. Sehr viele Mollusken (z. B. Helix pomatia und nemoralis, Fissurella costaria, Cassidaria echinophora, Doris tuberculata, Murex brandaris und trunculus, Haliotis tuberculata; Mytilus edulis, Pinna squamosa, Mactra stultorum var. alba, Lithodomus lithophagus etc. etc.) entbehren vollkommen das tryptische

---

[1]) Sowohl die *Trommer*'sche wie die *Böttcher*'sche Zuckerprobe ergaben für Nephrops und Homarus die Abwesenheit des diastatischen Enzymes in dem nicht der Dialyse unterworfenen Leberglycerinauszuge.

[2]) Vers. z. vergl. Physiol. d. Verdauung mit bes. Berücksichtigung der Verd. b. d. Fischen. Unters. a. d. physiol. Institut der Univ. Heidelberg. Band I, 327.

Enzym, vielen Würmern (z. B. Hermione hystrix, Aphrodite aculeata, Siphonostoma diplochaïtos) fehlt das peptische Enzym, und in keinem Typus der Thiere fügt sich der Verdauungsmodus einem einheitlichen Schema.

Die Wirkungsfähigkeit der Arthropodenenzyme auf rohes Fibrin bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.

(Die dem Kreuze beigesetzten Sternchen bedeuten, dass in der Lösung nicht nur die Verdauung von rohem, sondern auch von gekochtem Fibrin gelang. Wo der Stern fehlt, blieb die Wirkung auf gekochtes Fibrin binnen zwei Tagen aus oder war wenigstens zweifelhaft.)

	Neutr. wäss. Auszug.	Salzsäure v. 0.1—0.2 %.	Sodalösung v. 1—2 %.	Oxalsäure v. 0.5 %.	Oxalsäure v. 1—2 %.	Oxalsäure v. 4 %.	Weinsäure v. 0.5 %.	Weinsäure v. 1—2 %.	Weinsäure v. 4 %.	Essigsäure v. 0.5 %.	Essigsäure v. 1—2 %.	Essigsäure v. 4 %.	Milchsäure v. 0.5 %.	Milchsäure v. 1—2 %.	Milchsäure v. 4 %.	Diastase.
Squilla mantis . .	+*	0	+*	0	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Nephrops norvegicus	0	+	0	0	0	0	.	.	+	+	+	+	+	+	+	0
Astacus fluviatilis .	+*	+	+*	0	0	.	+	+	+	+*	+*	+*	+	+	+	+
Homarus vulgaris . .	.	+	Spuren	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0
Palinurus vulgaris . .	+*	+	+*	0	0	0	+	+	+	+*	+*	+*	+	+	+	+
Maja squinado .	+*	+	+*	+	Spur.	0	+*	+	+	+*	+*	+*	+*	+	+	+
Maja verrucosa .	+*	+	+*	0	0	0	+	+	+	+	+	+	.	.	+	+
Eriphia spinifrons .	+*	0	+*	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Carcinus mænas . .	+*	+	+*	+	.	.	+	+	+	+*	+*	+*	+*	+	+	+
Periplaneta orientalis .	+*	+	+*	0	0	0	+	+	+	+	+*	+	+	+	+	+
Carabus auratus . .	+*	+	+*	0	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hydrophilus piceus . . .	+*	0	+*	0	0	0	+	+	+	+*	+*	+*	+	+	+	+
Melolontha vulgaris . .	+*	0	+*	0	0	0	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+
Geotrupes sylvaticus .	+*	0	+*	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+

Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten und im Eidotter vom Huhne.

Von **C. Fr. W. Krukenberg.**

Die Befunde von nur peptisch die Eiweisssubstanzen verändernden Enzymen bei vielen Mollusken und Cölenteraten widerlegen ohne Weiteres die Richtigkeit der jüngst mehrfach ausgesprochenen Vermuthung, es möchte die Verdauung bei Wirbellosen durch tryptische Enzyme sich vollziehen. Es hat sich gezeigt, dass z. B. im Körpergewebe der Spongien nur ein auf die Eiweisskörper peptisch wirkendes Enzym vorkommt und dieser Befund führte mich zu den Versuchsreihen, welche im Folgenden niedergelegt sind.

Eine Basis für die functionelle Deutung der Resultate, welche von mir bei den Schwämmen gefunden sind, konnte sich nur aus der Untersuchung der einfachsten organischen Wesen gewinnen lassen. Ich wählte zu meinen Versuchen das Plasmodium von Aethalium septicum, welches Herr Geh.-Rath *Kühne*, wie er mir gütigst mittheilte, bereits mit negativem Erfolge auf Diastase und Trypsin untersucht hatte.

Eine Portion des gelben rahmartigen Plasmodiums, mit Vorsicht rein von dem Substrate (Lohe) abgehoben, wurde 2—3 Tage in einem enghalsigen, verschlossenen Gefässe mit Glycerin extrahirt und daraus ein Filtrat erhalten, welches weder gekochte Stärke bei 38° C. in Zucker umwandelte, noch mit Wasser oder

2 proc. Sodalösung versetzt, rohes oder gekochtes Fibrin bei 24 und 38° C. verdaute. Der Glycerinauszug besass aber eine stark peptische Wirkung auf Eiweisssubstanzen, welche sich in salzsaurer, (0.1 und 0.2 pCt.), milchsaurer (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.), weinsaurer (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.) und essigsaurer (0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt.) Lösung kundgab[1]). Aber nicht nur rohes, sondern auch gekochtes Fibrin wird von dem Plasmodiumpepsin in diesen Säuren, falls die Concentration derselben nicht zu schwach ist[2]), verdaut, und zwar bedarf es zu seiner Umwandlung bei geeigneter Temperatur, kaum mehr, als einer 1½mal so langen Einwirkung, welche die des rohen in Anspruch nimmt. Die Rapidität der Wirkung auf rohes Fibrin steht hinter der des Arthropodenpepsins nicht zurück, und der beim Hummer beschriebene[3]) Versuch kann ebenso prägnant mit dem Plasmodiumpepsin angestellt werden. Die rasche Veränderung, welche gekochtes Fibrin durch dieses Pepsin erfährt, findet aber unter den bis jetzt untersuchten peptischen Enzymen aller Evertebratenclassen kein einziges Analogon. Dem Homaropepsin kommt höchstens eine sehr minimale Wirkungsfähigkeit auf gekochte Eiweisskörper zu, das Conchopepsin der Mytilus edulis vermag nur in essigsaurer Lösung dasselbe langsam peptisch zu verändern, und das peptische Enzym von Haliotis tuberculata besitzt ausserdem nur noch eine schwache Einwirkung auf gekochtes Fibrin in Lösungen organischer Säuren von sehr geringer Concentration (0.5 proc. Weinsäure), in welchen das Pepsin von Aethalium auf gekochtes

---

1) Alle diese Ergebnisse wurden durch in gleicher Weise zubereitete Gemische, in welchen das Pepsin durch Kochen zerstört war, sichergestellt.

2) Gekochtes Fibrin wurde verdaut in 0.1—0.3 proc. HCl, 1.0—4.0 proc. Weinsäure, 1.0—4.0 proc. Milchsäure, 0.5—4.0 proc. Essigsäure. Die Einwirkung verlief sehr schwach, oder blieb während drei Tagen ganz aus in 0.5 proc. Weinsäure und 0.5 proc. Milchsäure.

3) Zur Verdauung bei den Krebsen. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg, Bd. II, S. 263.

Fibrin so gut wie unwirksam ist. Den peptischen Enzymen der Cölenteraten und Echinodermen geht meinen Untersuchungen gemäss die Fähigkeit, in HCl oder organischen Säuren gekochtes Fibrin zu verdauen, vollständig ab. Von dem ächten Pepsin[1]) unterscheidet sich das Pepsin der Myxomyceten aber dadurch, dass es wie das Homaropepsin und Conchopepsin in 3—4 proc. Oxalsäure unwirksam ist. Dass das Myxomycetenpepsin durch Oxalsäure wirklich zerstört werden kann, und das seine Wirkung in 3—4 proc. Lösungen dieser Säure nicht nur latent geworden, oder, wie es bei Gegenwart von Thymol- und Salicylsäure in den Salzsäurelösungen dieses Enzymes z. B. der Fall zu sein scheint, sehr verzögert ist, wird schon folgende meiner Versuchsreihen lehren. Dieselbe, von Controlversuchen (theils mit den gekochten Flüssigkeiten, theils nur mit den Zusatzflüssigkeiten angestellt, wie es mir für den speciellen Fall am zweckmässigsten schien) begleitet, wurde ausgeführt bei einer constanten Temperatur von 38° C., und die zur Verdauung verwendeten Fibrinflocken hatten alle die gleiche Länge (etwa von einem Zoll) und möglichst dieselbe Dicke und Festigkeit. (S. Tabelle folgende Seite.)

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass ein Zusatz von Salicylsäure (bei einem Gehalte von 0.1 pCt. der Verdauungsflüssigkeit an dieser Säure) die Wirkung des Plasmodiumpepsins verzögert, das Enzym aber nach zweitägiger Einwirkung nicht zerstört, denn nach dem Entfernen derselben durch Dialyse zeigt sich keine Differenz zwischen den Lösungen, welche mit Salicylsäure versetzt und welche davon frei gewesen waren. Auch in einer reinen 0.1 proc. Salicylsäurelösung wurde rohes Fibrin durch das

---

[1]) In 3—4 proc. Oxalsäurelösungen, welche sehr geringe Mengen ächten Pepsins enthalten, wird nach meinen Untersuchungen die Wirkung auf Fibrin zwar auch sehr viel später bemerkbar, als in Oxalsäurelösungen von 0.5 oder 1.0 pCt.; aber die Einwirkung war in den concentrirtern Lösungen nur verlangsamt; nie blieb sie ganz aus, wenn eine Verdauung in 0.5 oder 1.0 proc. Oxalsäure eingetreten war.

Einfluss der die enzymatische Wirkung[1]) verzögernden Stoffe auf das Plasmodiumpepsin.

(r bedeutet in der Tabelle rohes, g gekochtes Fibrin.)

Nummer des Versuches.	Zusammensetzung des primären Verdauungsgemisches.	Beschaffenheit des primären Verdauungsgemisches.	Wirkungsfähigkeit des primären Verdauungsgemisches.	Zusammensetzung des secundären Verdauungsgemisches.	Wirkungsfähigkeit des secundären Verdauungsgemisches.	Bemerkungen.
1	5 gr. Enzymat. Glycerinextract 15 gr. 0.2%ige HCl.	klar.	r nach 1 Stunde verdaut, g nach 2—3 Stunden verdaut.	10 gr. dialysirte primäre Verdauungsflüssigkeit. 10 gr. 0.4%ige HCl.	r nach 3 Stunden verdaut. g nach 20 Stunden verdaut.	
2	5 gr. Enz. Glycerinextract, 10 gr. 0.2%ige Salicylsäure, 5 gr. 0.4%ige HCl.	klar.	r nach 2 Stunden verdaut, g nach 5—6 Stunden verdaut.	dito.	dito.	
3	5 gr. Enz. Glycerinextr., 5 gr. Wasser, 10 gr. 0.2%ige Salicylsäure.	trübe.	r nach 12 Stunden verdaut, g nach 48 Stunden nicht verdaut.	dito.	dito.	
4	5 gr. Enz. Glycerinextr., 0.5 gr. 10%ige alkoholische Thymollösung, 15 gr. 0.2%ige HCl.	klar.	r nach 2 Stunden verdaut, g nach 12 Stunden angedaut und nach 36 Stunden vollständ. verdaut	dito.	r nach 3 Stunden verdaut, g nach 20 Stunden stark angedaut und nach 35 Stunden vollständ. verdaut.	Durch den Geruch waren in d. dialysirten Flüssigkeit noch Spuren von Thymol zu erkennen.

[1]) Nach einer 50stündigen Digestion bei 38° C. der als „primäre" bezeichneten Verdauungsgemische wurden die Säuren resp. das Thymol durch eine 24stündige Dialyse im fliessenden Wasser zu entfernen versucht und 10 gr. der so von den Zusatzstoffen vollständig oder theilweise (Thymol) befreiten Flüssigkeit („secundäres Verdauungsgemisch") mit derselben Menge einer 0.4procentigen HCl versetzt. Die Angabe der Stunden ist nur eine annähernde; denn da die Wirkungsenergie von vielen Factoren abhängig ist, welche als Fehlerquellen nicht zu eliminiren waren, so sah ich vornherein davon ab, die Beobachtungen stündlich vorzunehmen. Ich beobachtete die Wirkung in den ersten 10 Stunden von 2-3, später im Laufe von 6-12 Stunden. War die Fibrinflocke durch Auflösung der weniger resistenten Theile mehr zerfallen als verdaut, so bediente ich mich in obiger Uebersicht der Bezeichnung „angedaut".

Nummer des Versuches.	Zusammensetzung des primären Verdauungsgemisches.	Beschaffenheit des primären Verdauungsgemisches.	Wirkungsfähigkeit des primären Verdauungsgemisches.	Zusammensetzung des secundären Verdauungsgemisches.	Wirkungsfähigkeit des secundären Verdauungsgemisches.	Bemerkungen.
5	5 gr. Enz. Glycerinextr., 2 gr. 10%ige alkoh. Thymollösung, 13 gr. 0.2%ige HCl.	sehr trübe.	r nach einigen Stunden verdaut, g nach 48 Stunden stark angedaut.	10 gr. dialysirte primäre Verdauungsflüssigkeit. 10gr. 0.4%ige HCl.	r nach 24 Stunden verdaut, g nach 48 Stunden fast vollkommen verdaut.	Das Thymol war durch die Dialyse nicht vollkommen entfernt; daher die verzögerte Wirkung.
6	5 gr. Enz. Glycerinextr., 5 gr. 4%ige Borsäurelösung 10 gr. 0.2%ige HCl.	klar.	r nach 2 Stunden verdaut, g nach 5 Stunden verdaut.	dito.	r nach 3 Stunden verdaut, g nach 20 Stunden verdaut.	
7	5 gr. Enz. Glycerinextr., 3.2 gr. 4%ige Oxalsäurelösung, 12 gr. Wasser.	wenig trübe.	r nach 4 Stunden verdaut, g nach 24 Stunden angedaut.	dito.	r nach 6 Stund. stark angedaut, nach 24 St. vollständ. verdaut. g nach 24 Stunden bis auf einen geringen Rest verdaut.	Wie durch Zusatz v. Kalkw. erkannt wurde, war die Lösung durch Dialyse vollst. oxalsäurefrei geword.
8	5 gr. Enz. Glycerinextr., 3.2 gr. 4%ige Oxalsäurelösung, 12 gr. 0.2%ige HCl.	wenig trübe.	r nach 4 Stunden verdaut, g nach 24 Stunden fast ganz verdaut.	dito.	r nach 24 Stunden vollständig verdaut, g nach 24 Stunden angedaut.	dito.
9	5 gr. Enz. Glycerinextr., 7.5 gr. 4%ige Oxalsäurelösung, 7.5 gr. 0.2%ige HCl.	trübe.	r nach 12 Stunden ziemlich vollständig verdaut, g nach 50 Stunden nicht bemerkbar verändert.	dito.	r nach 24 Stunden verdaut, g nach 50 Stunden noch unverdaut.	dito.
10	5 gr. Enz. Glycerinextr., 15 gr. 4%ige Oxalsäurelösung.	trübe.	r und g nach 50 Stunden sichtlich unverändert.	dito.	r nach 24 Stunden verdaut, g nach 50 Stunden unverdaut.	dito.

Plasmodiumpepsin verdaut. Das Thymol wird wahrscheinlich ebenso wie die Salicylsäure wirken, und die verlangsamte Wirkung nach vorhergegangener Dialyse wird wohl vorzugsweise auf den dialytisch nicht entfernten Rest des Thymols zu beziehen sein, wenn schon der Alkohol, in dem das Thymol gelöst war, für sich etwas verzögernd auf den Verdauungsvorgang einwirken muss.

In Borsäurelösungen (0.5 bis 4.0 pCt.), ohne Zusatz einer andern Säure, war das Plasmodiumpepsin unwirksam; die Borsäure, als solche, verzögert die Wirkung desselben kaum, in einer salzsäurehaltigen 1 proc. Borsäurelösung wird die eintretende geringe Verzögerung auf die höhere Concentration des Verdauungsgemisches zurückgeführt werden müssen. In einer 0.5 proc. reinen Oxalsäurelösung verdaut das Plasmodiumpepsin rohes wie gekochtes Fibrin, wennschon die Wirkung auf letzteres sehr verlangsamt ist; diese Verzögerung wird durch einen Salzsäuregehalt von 0.1—0.2 pCt. nicht beseitigt, doch etwas gemindert. In einer 1- oder 2 proc. Oxalsäurelösung ist das Plasmodiumpepsin dem Fibrin gegenüber nicht ganz unwirksam; doch bedarf es dazu noch wirksamerer Lösungen, als die, welche zu dieser Versuchsreihe verwendet wurden. Nie gelang es mir aber mittelst des Glycerinauszuges eine Wirkung in einer 4 proc. Oxalsäure zu erzielen, und aus den Versuchen auf vorstehender Tabelle ergibt sich schon genügend, dass in Oxalsäurelösungen von stärkerer Concentration (über 1 pCt.) die Wirkung des Plasmodiumpepsins nicht nur verlangsamt ist, sondern dass das Enzym selbst zerstört wird. So lassen sich nur die Resultate mit den secundären Verdauungsgemischen, welche durch Dialyse oxalsäurefrei erhalten wurden, erklären. Nach einer achttägigen Digestion von 5 grm. Plasmodiumglycerin mit 10 grm. 4 proc. Oxalsäure bei 38° C. erwies sich ebenfalls das Verdauungsgemisch, nachdem auf dialytischem Wege die Oxalsäure entfernt und die Verdauungsflüssigkeit auf einen Gehalt an 0.1 pCt. HCl gebracht war, dem Fibrin gegenüber als unwirksam, während die gleiche mit 10 grm. 0.2 proc. HCl versetzte Menge des Glycerinextractes durch dieselbe Behandlung keineswegs ihre Wirksamkeit verloren hatte.

Hiernach kann das Pepsin von Aethalium, wie das Conchopepsin, durch Oxalsäure vernichtet werden; aber der zerstörende Einfluss der Oxalsäure macht sich entschieden viel allmählicher

geltend, als bei dem Conchopepsin. Bei geringer Concentration der Oxalsäurelösung oder bei einem grossen Enzymgehalte der Verdauungsflüssigkeit ermöglicht die Oxalsäure jedoch die Wirksamkeit des Plasmodiumpepsins und des Conchopepsins, wie jede andere von mir daraufhin untersuchte organische Säure.

Unter den Verdauungsproducten, in welche das Plasmodiumpepsin rohes Fibrin in einer 0.2proc. HCl umwandelte, liessen sich nach den angegebenen Methoden und Reactionen Peptone und Hemialbumose nachweisen; letztere hatte sich so reichlich gebildet, dass sie noch aus dem zähen Neutralisationspräcipitate, welches wohl vorwiegend aus Antialbumose bestand, durch Auskochen mit einer 5 proc. Kochsalzlösung gewonnen werden konnte.

Die Wirkung des Plasmodiumpepsins verläuft bei 38 und 40° C. energischer, als bei 20 und 12° C.[1]). Auf rohes Fibrin ist keine grosse Verschiedenheit der Wirkungsenergie zwischen 40 und 20° C. zu constatiren, wohl aber zeigt sich dieselbe bei 12° C. erheblich geschwächt. Das gekochte Fibrin, welches bei so energisch wirkenden Enzymen stets zu derartigen Versuchen vorzugsweise verwendet werden sollte, wurde bei 38° C. aber ungleich rascher verdaut, als bei 20° C., und erst nach fast drei Tagen war bei einer Temperatur von 12° C. die Verdauung bis zu dem Punkte vorgeschritten, welcher bei 38° C. in wenigen Stunden erreicht wurde.

Die *Wittich*'sche Methode der Glycerinextraction ist nicht die einzige, mittelst welcher sich das Pepsin aus Aethalium gewinnen lässt; mit HCl kann man dieses Enzym auch direct aus dem Plasmodium extrahiren. Das Plasmodium wird zu diesem Zwecke mit einer 0.2proc. HCl verrieben und nach einigen Stun-

---

[1]) Die Versuche wurden ausgeführt mit Verdauungsgemischen, welche aus 4 grm. Plasmodiumglycerin und 10 grm. 0.4proc. HCl bestanden.

den auf's Filter gebracht. Das Filtrat zeigt sich wegen des im Plasmodium enthaltenen kohlensauren Kalkes meist neutral, und ein Zusatz der gleichen Quantität 0.4proc. HCl bringt die Lösung auf den frühern Säuregrad zurück. Die so erhaltene enzymatische Flüssigkeit steht in ihrer Wirksamkeit kaum hinter der des Glycerinextractes zurück. Auch durch die directe Behandlung des Plasmodiums mit 4proc. Essigsäure, Milchsäure und Weinsäure lässt sich das Pepsin in Lösung bringen. Eine Extraction des Plasmodiums mit 4proc. Oxalsäure, von der ein grosser Theil sofort an Kalk gebunden wurde, ergab aber auch hier nur wechselnde Resultate.

Dass ich von der Methode der directen Extraction keinen ausgedehnteren Gebrauch gemacht habe, sondern meist mit den Glycerinauszügen operirte, findet in dem grossen Gehalte des Plasmodiums an Calciumcarbonat seine Begründung. Dieser erschwert die Anfertigung der Lösungen von bestimmtem Säuregrade ungemein, welcher Unsicherheit man durch die Glycerinextraction, deren anderweitige Nachtheile durch die positiven Erfolge der directen Extraction vollständig beseitigt sein dürften, glücklich enthoben ist.

Wurde das Fett, die Extractivstoffe etc. durch Alkohol und Aether vor der Extraction mit Glycerin oder Säuren sorgfältig entfernt, so erhielt ich aus dem weissen Plasmodiumpulver zwar ebenfalls eine verdauende Flüssigkeit, doch weniger wirksam, als die aus dem frischen A e t h a l i u m durch Ausziehen mit Glycerin oder Säuren gewonnene. Die Vermuthung, es möchte der Alkohol grössere Mengen des Enzymes ausziehen, hat sich aber nicht als richtig bewährt. Der Alkohol, mit dem ein grosses Quantum frischen Plasmodiums übergossen und mehrere Tage extrahirt war, hinterliess, als er bei 30° C. bis 34° C. eingedampft wurde, einen Rückstand, aus welchem durch directes Ausziehen mit 0.2proc. HCl, 4proc. Essigsäure oder Glycerin, peptisch sehr

wenig wirksame Lösungen[1]) zu erhalten waren. Möglich ist es, dass ein Theil des Enzyms unter gewissen Verhältnissen durch den Alkohol unlöslich gemacht oder zerstört werden kann. Versetzte ich den Salzsäureauszug des frischen Plasmodiums bei neutraler Reaction mit Alkohol, so entstand ein reichlicher Niederschlag, welcher sich sehr bald absetzte und auf einem Filter gesammelt wurde. Er löste sich zum grössern Theile leicht in 0.2proc. HCl und Glycerin. Diese Lösungen hatten eine starke peptische Wirksamkeit und nennenswerthe Mengen schienen mir durch die Behandlung mit Alkohol nicht verloren gegangen zu sein.

Eine zweistündige Erwärmung von 65° C. macht die wirksamsten Lösungen des Aethaliumpepsins unwirksam. Eine eintägige Digestion bei 40° C. in 2proc. Sodalösung zerstört gleichfalls das Enzym, während es einer achttägigen Einwirkung[2]) von Trypsin in neutraler Lösung bei 39—40° C. widersteht.

Von dem Aethalium, welches sich noch frisch auf der Eichenlohe befand, hatten einige Portionen stellenweise weniger eine Orangefarbe, sondern erschienen mehr schwefelgelb und waren an der Oberfläche bisweilen von dunkelrothen Zügen durchsetzt. Um zu entscheiden, welches von beiden, das orangefarbige, oder das mehr schwefelgelbe Aethalium, das meiste Pepsin ent-

---

[1]) Es bedurfte im günstigsten Falle einer Zeit von 20 Stunden, bis eine Flocke rohen Fibrins in 0.2proc. HCl verdaut war. Diese sehr geringen Mengen des vom Alkohol aufgenommenen Enzymes erklären nicht annähernd die geringe Wirksamkeit des Glycerin- oder Salzsäureauszuges von dem vorher mit Alkohol behandelten Plasmodium.

[2]) Während dieser Zeit erhielt sich das weder mit Thymol, noch mit Salicylsäure (Spuren von Salicylsäure, welche von der Trypsingewinnung durch Selbstverdauung herrührten waren freilich noch vorhanden) versetzte Enzymgemisch merkwürdig fäulnissfrei und neutral. Das Trypsin hatte trotz der langen Digestion kaum etwas von seiner Wirksamkeit eingebüsst; wenige Minuten genügten, um in dieser Flüssigkeit Fibrin tryptisch (auch auf Zusatz von Soda trat diese rapide Wirkung ein) unter Bildung des durch die Bromwasserreaction indicirten Körpers zu verdauen.

halte, wurden von jedem 25 grm. in je einem verschlossenen Gefässe mit 100 grm. 0.2proc. HCl übergossen und andere 25 grm. von beiden Plasmodiumsorten, jede für sich mit 50 grm. Glycerin, ebenso der Extraction überlassen. Nach drei Tagen wurden die Auszüge filtrirt und von jedem 10 grm. mit der gleichen Menge einer 0.4proc. HCl versetzt. Es zeigte sich kein Unterschied in der Wirkungsenergie zwischen den Auszügen, welche aus dem schwefelgelben und dem orangefarbigen Aethalium dargestellt waren, und in beiden dürften somit dieselben Mengen von Pepsin enthalten sein. Bei ungünstigen Witterungsverhältnissen wird das Plasmodium von Aethalium nicht selten tief dunkelgrün, und in diesem veränderten Zustande ist sein Pepsingehalt, wie eine der soeben mitgetheilten analoge Versuchsreihe ergab, nur ein sehr geringer.

Die Frage, ob dem Pepsin eine functionelle Bedeutung für das Myxomycetenplasmodium zukommt, konnte durch Reactionen bisher nicht entschieden werden. Ich finde weder die frische noch die eben abgestorbene, weder die junge noch die üppig wuchernde Masse von deutlich saurer Reaction, sondern stets alkalisch oder neutral; ein relativ bedeutender Säuregrad ist aber erforderlich, um das Pepsin wirkungsfähig zu machen. Ob Kohlensäureentbindungen eine Wirkung ermöglichen können, wird näher zu untersuchen sein. Rohes Fibrin in, auf oder unter den kräftig vegetirenden Plasmodiumrahm gebracht, war nach vier Tagen noch unverändert; jede Andeutung einer eingetretenen peptischen Verdauung fehlte.

Der grosse Fettgehalt des Myxomycetenplasmodiums führte mich dazu, das Plasmodiumpepsin auf eine etwa vorhandene Löslichkeit in fetten Oelen zu prüfen. Das Plasmodium wurde successive mit kleinen Portionen von vorher zum Sieden erhitztem und darauf abgekühltem Mandelöl verrieben und nach zwei Tagen auf ein krauses Filter gebracht. Aus dem Filtrate wurde mit

Gummi arabicum unter Zusatz einer 0.2 procentigen Salzsäure eine Emulsion bereitet, welche bei einer constanten Temperatur von 38° C. nach drei Tagen keine Einwirkung auf rohes oder gekochtes Fibrin äusserte. Durch directe Behandlung des vorher mit Oel ausgezogenen Plasmodiums mit 0.2 procentiger HCl liess sich noch eine sehr energische Wirkung nicht nur auf rohes, sondern auch auf gekochtes Fibrin erzielen. Falls das Pepsin unter Umständen, indem sich z. B. local Säuren bilden könnten, im Plasmodium wirkungsfähig werden kann, mag die Durchtränkung mit Oel das letztere in nicht geringem Grade vor einer Selbstverdauung schützen.

Aus dem frischen Eigelb vom Huhne lässt sich weder durch Glycerin, noch durch die wässrige Extraction auf directem Wege oder aus der mit Alkohol und Aether entfetteten rein weiss gewordenen Dottermasse ein gekochte Stärke saccharificirendes oder rohes Fibrin in alkalischer und neutraler Lösung verdauendes Enzym gewinnen. Der Glycerinauszug enthält nur ein Pepsin, in seinen Eigenschaften, wie es scheint, abweichend von dem echten Pepsin, dem Plasmodium-, Concho- und Helicopepsin, sich nähernd dem Homaropepsin, doch auch mit diesem kaum identisch.

Schwierig ist es, dasselbe in grösserer Menge zu erhalten, da eine directe Extraction, welche stets sehr trübe, durch Filtration ohne Beseitigung des Enzyms nicht zu klärende Lösungen liefert, nur zu negativen oder wenigstens zu zweifelhaften Resultaten führt. Klare Lösungen lassen sich zwar aus dem mit Alkohol und Aether behandelten Dotter durch Extraction mit Glycerin oder 0.2 procentiger HCl leicht gewinnen, doch sind auch diese so wenig wirksam, dass ich zur Feststellung einiger Eigenschaften lediglich auf die directe Extraction des Dotters mit Glycerin angewiesen blieb. Auf Zusatz von 0.4 procentiger HCl zum gleichen Volumen des Dotterglycerinauszuges entsteht

keine Trübung, und die im Dotterglycerin meist vorhandene wird durch den Säurezusatz beseitigt. In diesem Verdauungsgemische wird rohes Fibrin bei 38—40° C. in wenigen Stunden verdaut, gekochtes zeigte sich aber noch nach drei Tagen unverändert. Bei der Anwendung von organischen Säuren als Zusatzflüssigkeiten erhielt ich folgende Resultate, welche durch Controlversuche gestützt wurden. In Essigsäurelösungen von 0.5, 1.0, 2.0 und 4.0 pCt., in Milchsäure- und Weinsäurelösungen von gleicher Concentration, sowie in 0.5 und einprocentiger Oxalsäure wurde rohes Fibrin von dem Dotterpepsin im Laufe von 5—6 Stunden verdaut. In einer 4 proc. Oxalsäure enthaltenden Verdauungsflüssigkeit erwies sich das Dotterpepsin nach drei Tagen als vollkommen unwirksam auf rohes Fibrin. Der Nachweis einer Zerstörung dieses Enzyms durch eine vierprocentige Oxalsäure hat z. Z. mit grossen Schwierigkeiten zu kämpfen, weil die Oxalsäure zweckmässig nur dialytisch, in Gemeinschaft mit den die Eiweissstoffe in Lösung haltenden Salzen zu entfernen ist. Die stark getrübte dialysirte Flüssigkeit war durch Säure- (0.4 pCt. HCl) und Salzzusatz nicht wieder vollständig zu klären und eignete sich in Folge dessen wenig zu weiteren Verdauungsversuchen. Ich möchte desshalb nicht auf den negativen Befund einer enzymatischen Wirkung hin, welchen ich mit diesem secundären Verdauungsgemische erhalten habe, die Zerstörbarkeit des Dotterpepsins durch Oxalsäure entschieden wissen.

Während die Verdauung von gekochtem Fibrin mir mittelst des Dotterglycerinauszuges in keiner der angegebenen organischen Säuren und in 0.1 — 0.2 procentiger Salzsäure gelang, werden grosse Portionen rohen Fibrins auch von diesem peptischen Enzyme sehr bald verdaut. 10 grm. Dotterglycerin einem halben Liter steifer Fibringallerte zugesetzt, führen bei 40° C. sehr bald die Verflüssigung der Masse und im Laufe von 10 Stunden die vollständige Verdauung des Fibrins herbei. Unter den Ver-

dauungsproducten finden sich regelmässig Peptome; sehr beträchtlich ist der in der verdauten Masse entstehende Neutralisationsniederschlag. Da grössere Mengen Fibrins in salzsaurer Lösung auf Zusatz von gekochtem Dotterextracte sich verhältnissmässig schnell verflüssigen, so ist es durchaus nothwendig, die Ergebnisse, welche mit den ungekochten peptisch wirkenden Dotterglycerinauszügen erhalten werden, durch entsprechende Begleitversuche, in welchen das Enzym durch Kochen zerstört wurde, zu controliren. Ich habe Versuchsreihen in dieser Weise wiederholt ausgeführt und das Resultat mit den ungekochten Dotterauszügen ist ein so auffälliges und so verschieden von dem der Versuche, bei welchen das Enzym zerstört wurde, dass Niemand im Zweifel sein kann, welches von beiden die ungekochte und welches die gekochte Probe ist. Bei Anwendung weniger Fibrinflocken tritt eine Verflüssigung auf Zusatz des gekochten Dotterextractes nicht leicht ein; doch habe ich auch diese Versuche durch analoge Controlversuche zu stützen für nöthig befunden und sie bei den angegebenen Daten nie versäumt.

Die Wirkung des Dotterpepsins verläuft bei 38—40° C. ungleich energischer als bei 20° C., und bei 12.5° C. wurde die Fibrinflocke in drei Tagen nicht sichtlich mehr verändert.

Salicylsäure und Thymol (den salzsauren Verdauungsgemischen zugesetzt) verzögern die Wirkung sehr erheblich. In einer Flüssigkeit, welche neben 0.2 pCt. HCl 0.1 pCt. Salicylsäure enthielt, war die Fibrinverdauung erst nach zwei Tagen bemerkbar, und in reiner 0.2 procentiger Salicylsäure blieb sie während fünf Tage ganz aus. Ebenso wurde die Fibrinflocke in einer schwach thymolisirten Lösung (bei einem Gehalte von 0.2 pCt. an Thymol) erst in zwei Tagen verdaut, bei einem Thymolgehalt von ein pCt. zeigte sie sich aber noch nach fünf Tagen unverändert.

Ein Rückblick auf die Wirkungen, welche das Dotterpepsin

äusserte, lässt es zwar nicht unmöglich erscheinen, dass es sich hier um geringe Mengen echten Pepsins handelt. Diese Möglichkeit ist um so weniger von der Hand zu weisen, seitdem ich mich durch Versuche überzeugen konnte, dass echtes Pepsin (aus Schweinemagen dargestellt) in einer 2—4 procentigen Oxalsäurelösung langsamer auf rohes Fibrin wirkt als in einer Flüssigkeit, welche nur 0.5 oder 1% von dieser Säure enthält. Unsere Extractionsmethoden sind jedoch zu unvollkommen, als dass irgendwie Aussicht vorhanden wäre, grössere Mengen des Enzyms von den störenden Eiweisssubstanzen zu reinigen und concentrirtere enzymatische Lösungen, als sie die directe Glycerinextraction liefert, herzustellen. Bis zum Gelingen der Darstellung einer concentrirteren Enzymlösung, kann die echte Pepsinnatur dieses Enzymes jedoch nur als eine Möglichkeit gelten, wenn schon diese Möglichkeit, wie ich annehmen muss, zugleich recht gross ist.

Anhaltspunkte für eine functionelle Bedeutung des peptischen Enzymes im Eidotter liessen sich hier ebensowenig gewinnen, als bei dem Myxomycetenplasmodium.

Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eisen in den Concretionen aus dem Bojanus'schen Organe von Pinna squamosa. Gm.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

In dem weitmaschigen Gewebe der *Bojanus*'schen Drüse von Pinna squamosa finden sich schwarze Concretionen von wechselnder Grösse und schaligem Baue, nicht unähnlich den Corpora amylacea und den Concrementen im Leuchtorgane der Lampyriden.

Es lassen sich dieselben durch Auspinseln des Gewebes leicht isoliren und durch wiederholtes Schlämmen von den beigemengten Gewebsfragmenten vollständig reinigen.

Schon *Schlossberger*[1]) hat eine qualitative Analyse dieser Concretionen von Pinna nobilis ausgeführt, und seine Angaben über die Löslichkeit und über das Verhalten derselben höheren Temperaturen gegenüber sind auch für die analogen Gebilde von Pinna squamosa[2]) zutreffend. Die elementare Zusammensetzung weicht von seinen Befunden aber bedeutend ab.

Um dieselbe zu ermitteln, behandelte ich die Concremente aus den *Bojanus*'schen Organen von vier grossen Steckmuscheln mit warmer HCl, durch welche sie bis auf einen geringen

---

1) *Schlossberger*, Annalen der Chemie und Pharmacie. 1856. Bd. 98. S. 356.

2) Die Thiere verschaffte ich mir vom Fischmarkte zu Triest.

organischen Rückstand gelöst wurden. Die saure Lösung enthielt keine durch SH_2 fällbare Körper; ein starker Niederschlag, reich an organischen Substanzen, entstand aber nach vorhergegangenem Alkalisiren auf Zusatz von Schwefelammonium. Das Präcipitat wurde zur Entfernung der organischen Substanzen geglüht, und die Asche durch HCl in Lösung gebracht. In der Flüssigkeit waren weder durch Rhodankalium, noch durch Kaliumeisencyanür oder Kaliumeisencyanid erheblichere Mengen von Eisen nachzuweisen und auch in der direct angefertigten salzsauren Lösung der veraschten Concremente gelang mir durch diese Reagentien der Nachweis des Eisens nicht. Die Prüfung auf Eisen in der Asche stellte ich in der Weise an, dass vier kleine Porzellantiegel etwa mit 3 grm. sog. reinster, mit dem zweifachen Volum Wasser verdünnter HCl gefüllt wurden. In zwei Tiegeln wurde die HCl mit einer Lösung von Ferrocyankalium, in den beiden andern mit Rhodankaliumlösung versetzt. So war der Eisengehalt der HCl durch schwache Färbungen bereits indicirt und eine Lösung geschaffen, in welcher der constante Eisengehalt der Säure die Prüfung auf einen Eisengehalt der Asche nicht beeinträchtigte. Der einen mit Ferrocyankalium, sowie der andern mit Rhodankalium versetzten Salzsäureportion wurden die Aschen von mehreren Concrementen zugesetzt; die beiden andern Salzsäureportionen dienten zur Controle. Bei directem Zusatz der Aschen entstanden in dem Salzsäuregemische keine rothe resp. blaue Schlieren, wie ich sie mit Blut- oder Tabaksasche leicht erhalten konnte. Obgleich sich die Asche der Concremente sehr bald gelöst hatte, war keine Zunahme der Farbenintensität in den Salzsäuregemischen in Folge des Aschenzusatzes nach Stunden wahrzunehmen. Auch eine besonders angefertigte Salzsäurelösung der Asche steigerte die Farbenintensität der genannten sauren Gemische nicht.

Nach *Schlossberger* enthält die Asche der Concremente aus dem *Bojanus*'schen Organe von Pinna nobilis reichliche Mengen

von Fe_2O_3, doch fehlt in seiner Abhandlung jede Notiz darüber, ob er sich von der Gegenwart des Eisens durch Reactionen näher überzeugt hat. Was die Asche schwach röthlich färbt, ist in den von mir untersuchten Concretionen kein Eisen, sondern Mangan, von welchem ansehnliche Mengen darin vorhanden sind. Die intensiv smaragdgrüne Färbung der Schmelze mit Soda, welche schon wenige Körnchen der Asche hervorrufen, die Amethystfarbe der Phosphorsalzperle, die bekannte Verfärbung des Schwefelammonniederschlages an der Luft lassen keinen Zweifel an dem reichen Mangangehalte dieser Concretionen aufkommen. Ausserdem finde ich in der Asche ziemlich viel Magnesia, aber nur Spuren von Kalk. Beim Erwärmen mit NaOH entwickelt sich aus den Concrementen NH_3, welches durch die bei Gegenwart von HCl entstehenden Salmiaknebel erkannt wurde.

Von Säuren finde ich nur Phosphorsäure (in der salpetersauren Lösung nachgewiesen durch molybdänsaures Ammon), obgleich auch auf Schwefelsäure und Salzsäure geprüft wurde. Es ist mir wahrscheinlich, dass die Säure vorzugsweise mit Mg und NH_3 verbunden, als $PO_4 (NH_4) Mg$ in den Concrementen vorkommt.

Wie andere Seethiere und viele Seepflanzen die Fähigkeit besitzen, das Jod und Brom des Meerwassers in sich aufzuspeichern, wie sich im Blute höherer Thiere bemerkenswerthe Mengen von Eisen anhäufen, und das Kupfer in den Federn der Bananenfresser festgehalten wird, so besitzt das Gewebe des *Bojanus*'schen Organes von Pinna squamosa die merkwürdige Eigenschaft, das Mangan des Meeres, gereinigt von den eisenhaltigen Beimengungen, zu sammeln und in seinem Secrete zu fixiren.

Zur Dünndarmverdauung.

Von
Dr. med. **A. Masloff**
(aus Russland).

Die vorliegende Arbeit enthält Resultate von Versuchen über die Wirkung des Dünndarmsaftes, die mittelst zweierlei Methoden gewonnen sind: erstens habe ich mit dem Schleimhautextracte, das künstlich aus dem herausgeschnittenen Dünndarme hergestellt war, experimentirt, zweitens mit dem natürlichen Dünndarmsafte aus *Thiry*'schen Fisteln. Ehe ich zu den Versuchen und deren Resultaten übergehe, muss ich die verschiedenen von mir gebrauchten Methoden zur künstlichen Isolirung der Dünndarmenzyme erwähnen.

Methoden zur Isolirung der Dünndarmenzyme.

Zu diesem Zwecke wurden immer Hunde, die 1—3 Tage gehungert hatten, benutzt.

Erste Methode. Gleich nach dem Tode wurde der Dünndarm herausgenommen und mit einem starken Strahle aus der Wasserleitung 5—10 Minuten lang, ohne das Darmrohr aufzuschlitzen, gewaschen, bis das ausfliessende Wasser vollständig farblos war, wozu die angegebene Zeit von 10 Min. vollständig ausreichte. Dann wurde der so gewaschene Darm aufgeschnitten, noch einmal ausgewaschen und die Mucosa sammt der Submucosa bis auf die Muscularis abgeschabt. Das Durchlassen des Wasserstrahles, sowie das Auswaschen nach dem Aufschlitzen vermag jedoch nicht die Schleimhaut vollständig zu reinigen.

Immer war sie von Galle stark gelb gefärbt, und dieser Umstand, sowie die noch zu erörternde Anwesenheit von Pepsin und Trypsin, liessen den Schluss ziehen, dass sie sich nicht mittelst dieser Methode reinigen und dass die Enzyme sich nicht vollkommen isoliren lassen. Das Abschaben geschah folgender Massen: der aufgeschlitzte und ausgewaschene, auf einen Teller gelegte Darm wurde mit einer scharfkantigen Glasplatte gegen den Teller angedrückt, wobei er so lag, dass die Serosa nach unten, die Mucosa gegen die scharfe Kante der Glasplatte gerichtet waren. Indem ich den Darm zwischen dem Teller und der Glasplatte durchzog, bekam ich beliebig dicke Schichten der Mucosa, je nach dem angewendeten Drucke.

Mittelst dieses Verfahrens geht das Abschaben sehr leicht und rasch vor sich. Die so abgelöste Mucosa kam gleich in ein Glas mit absolutem Alkohol und wurde damit 24 Stunden lang stehen gelassen, dann der Alkohol abfiltrirt und die Mucosa 24 Stunden mit Aether extrahirt, der Aether abfiltrirt und die so von Fetten befreite Masse mit Salicylsäure von 2 p. m. versetzt und 24 Stunden darin liegen gelassen. Das Salicylsäure enthaltende Filtrat wurde bei 37—40° C. auf einem Wasserbade abgedunstet. Der Rückstand sollte das Dünndarmenzym nebst geringen Eiweissmengen darstellen. Eingedunstet stellte es eine dunkelbraune schmierige Masse dar, die sich sehr leicht vom Teller abschaben liess. Für einen Versuch brauchte man nur ein etwa erbsengrosses Stückchen, das sich sehr leicht im Wasser löste. Da aber die auf solche Weise gewonnene Masse fast gar keine Wirkung auf Fibrin besass und nur diastatische Eigenschaften zeigte, so bin ich von diesem Verfahren vollständig abgekommen und habe auf den Rath des Herrn Geh.-Rath *Kühne* die folgende Methode benutzt:

Diese zweite Methode bestand darin, dass die auf oben erwähnte Weise ausgewaschene Schleimhaut gleich mit $^1/_2$ pCt.

Sodalösung, der ½ pCt. Thymol zugesetzt war, 1 Stunde bei 37° C. digerirt, dann die Lösung abfiltrirt und das Filtrat zu den Verdauungsversuchen gebraucht wurde.

Dritte Methode. Die Mucosa wurde sofort nach dem Abschaben, ohne Alkohol- und Aether-Behandlung in $^{2}/_{1000}$ Salicylsäurelösung gebracht, 24 Stunden damit stehen gelassen, abfiltrirt und das Infus zu Verdauungsversuchen gebraucht.

Vierte Methode. Die Mucosa wurde mit Alkohol und Aether behandelt, dann getrocknet, pulverisirt und in Pulverform aufbewahrt.

Die fünfte Methode ist von mir am meisten gebraucht worden. Sie bestand darin, dass die Dünndarmschleimhaut gleich nach dem Abschaben mit Wasser, dem ½ pCt. Thymol in feiner Vertheilung zugesetzt worden (etwa 300 ccm. auf die Schleimhaut eines mittelgrossen Hundes), 2 Stunden lang unter stetem Umrühren bei 37—40° C. extrahirt, das Extract abfiltrirt und dieses zu Verdauungsversuchen gebraucht wurde.

Die sechste Methode ist die von *v. Wittich*, welche darauf beruht, dass sich die thierischen Enzyme leicht in mässig concentrirtem Glycerin langsam und ohne Fäulniss lösen. Das nähere Verfahren war dieses: die von mehreren (6) Hunden gesammelten Schleimhäute wurden sämmtlich sofort nach dem Tode des Thieres abgeschabt, mit Alkohol und Aether extrahirt, dann mit reinem Sande zerrieben, mit Glycerin im Ueberschuss versetzt und damit mehrere Wochen stehen gelassen. Dadurch entstand eine breiige Masse, die durch einen Spitzbeutel gepresst, später durch Papier filtrirt wurde. Das Filtrat tröpfelte direct in ein hohes Standglas mit Alkohol. Der flockige Niederschlag, der hiebei entstand, brauchte einen ganzen Tag in der Kälte, um sich zu Boden zu setzen. Der Alkohol wurde theils abgegossen, theils abfiltrirt und das Enzym bei 30—35° C. getrocknet; es gab eine graubräunliche, lederartige Masse, die zum Pul-

ver verrieben und in dieser Form in Wasser suspendirt zu Versuchen angewendet wurde. Das Pulver löste sich im Wasser nicht vollständig auf, sondern es blieb immer am Boden des Probirröhrchens ein ungelöster Rückstand.

Versuche.

Die Versuche mit dem Enzyme, das sich nach den erwähnten Methoden darstellen liess, habe ich alle in folgender Weise angestellt: a) Wenn das Enzym in Lösung war, nahm ich gewöhnlich zu einem jeden Versuche in ein Probirgläschen 5 ccm. von dieser Lösung. b) Wenn das Enzym die Form einer breiartigen schmierigen Masse hatte (erste Methode) oder in Form eines Pulvers, so löste ich ein erbsengrosses Stückchen, oder suspendirte das Pulver in 5 ccm. destillirten Wassers, und machte dann je nach Bedürfniss die wässerige Lösung sauer mit einigen Tropfen Milchsäure oder Salzsäure, so dass sie davon 1 p. m. enthielt, oder alkalisch mit $^1/_2$ pCt. Sodalösung. In letzterem Falle wurde immer Thymol zugefügt. Für Verdauungsversuche habe ich die gewöhnlichen Probirröhrchen von mittlerer Grösse und Breite gebraucht, die mit einem Baumwollenpfropfen zugestopft waren, ehe sie in den Brütofen kamen, damit die Versuche, die meist 24 Stunden und darüber dauerten, nicht durch das Eindringen des Staubes oder der niederen, die Zersetzung namentlich von Stärke begünstigenden Organismen, gestört wurden. Zu demselben Zwecke kam noch über sämmtliche Probirgläser, die im Brütofen standen, eine glockenartige Decke aus Blech. Der Ofen selbst bestand aus zwei Blechcylindern, die ineinander gingen und zwischen welche man das auf 37—40° C. erwärmte Wasser brachte. Im inneren Cylinder befand sich ein Gestell für die Probirgläser. Am Boden desselben unter dem Gestell und den Probirgläsern war etwas Sand aufgestreut, damit die Gläser beim Einsetzen nicht litten.

Das Wasser in ihm war von derselben Temperatur (37—40° C.), wie das zwischen ihm und dem äusseren. Die constante Temperatur wurde mittelst einer kleinen, leuchtenden, von einem Schornsteine umgebenen Gasflamme unterhalten. Der innere Cylinder wurde mit der oben erwähnten Decke, die ein Loch zum Einführen des Thermometers besass, zugedeckt.

Als Criterium über die Wirkung des Enzymes, diente das Quellen und dann der allmähliche Zerfall des zur Probe benutzten Fibrinflöckchens und die Untersuchung auf Peptone. Um den Zucker in den Stärkeproben nachzuweisen, bediente ich mich immer der Trommer'schen Probe.

Resultate der Versuche.

Nach der ersten Methode sind von mir die Enzyme des Hundedünndarmes und des Schweines dargestellt worden. a) Vom Hunde. Es wurden dazu immer Thiere gebraucht, die 1—3 Tage gehungert hatten. Die Versuche mit deren Enzymen ergaben keine Wirkung auf das Fibrin, weder bei neutraler noch bei saurer oder alkalischer Reaction der Lösung. Dagegen ging die Zuckerbildung in den Stärkeproben immer ziemlich energisch vor sich, und man konnte z. B. schon nach 20—30 Minuten Zucker in den neutralen und alkalischen Proben nachweisen; die sauer reagirende gab nie irgend eine Zuckerreaction, was auf einem von der Säure bewirkten Hindernisse beruhen dürfte. Diese mit der Beobachtung anderer Forscher z. B. von *Paschutin* übereinstimmende Erfahrung konnte ich auch weiter bei auf andere Weise dargestellten Enzymen machen. b) Beim Schweine. Ich kam darauf Schweinedünndärme zu meinen Versuchen zu benützen, weil die Schweine bekanntlich einen sehr langen Dünndarm besitzen. Leider aber war es mir unmöglich, einen frischen gleich nach dem Tode des Thieres herausgenommenen Darm so schnell zu bekommen, wie ich wünschte, und so sind

Versuche, die ich damit angestellt habe, von geringerer Sicherheit, obgleich ich bemerken muss, dass die Enzyme genau dieselben Resultate gaben, wie die vom Hunde.

Nach der zweiten Methode wurde die Schleimhaut selbst mit Fibrin und mit Stärke versetzt. Wie früher bekam man hiermit schon nach 30 Minuten in alkalischen und neutralen Lösungen aus Stärke Zucker, in den sauren dagegen nicht. Auf das Fibrin äusserte nur die saure Lösung ($^2/_{1000}$ HCl.) eine ganz unbedeutende erst nach 3 Stunden zu bemerkende Wirkung. Die Controlproben mit gekochten Lösungen ergaben weder saccharificirende, noch peptische Wirkungen.

Nach der dritten Methode. Das Infusum, das durch diese Methode gewonnen war, wurde auch so verwendet, dass eine saure, alkalische und neutrale Probe gemacht wurden, und ebenfalls gekochte Controlproben von demselben Infusum mit Stärkekleister und Fibrin versetzt wurden. Die Resultate waren dieselben, wie bei der zweiten Methode.

Nach der vierten Methode sind die Resultate verschieden, je nachdem ich dazu die Schleimhaut eines Hundes, der 3 Tage gehungert hatte, oder eines, der in voller Verdauung begriffen war, anwendete. Die Versuche mit dem Materiale des ersteren ergaben keine Wirkung auf das Fibrin, mit dem des zweiten dagegen eine entschiedene, sogar bei neutraler Reaction.

Nach der fünften Methode. Die Dünndarmmucosa eines Hundes, der 6 Tage gehungert hatte, wurde, wie schon oben erwähnt ist, gleich nach dem Tode abgeschabt und in eine $^1/_2$ proc. Thymolmischung mit Wasser gelegt, und damit 2 Stunden unter häufigem Umrühren bei 37—40^0 C. extrahirt. So bekam ich 300 ccm. alkalisch reagirenden Extractes. Die hiermit erhaltenen Resultate waren folgende: die nicht gekochte, angesäuerte Probe wirkte am stärksten auf das Fibrinflöckchen, jedoch sehr langsam, da der vollständige Zerfall des Flöckchens

erst nach 23 Stunden eintrat. In der gekochten Probe war nach derselben Zeit nur Quellung eingetreten. Ob in der sauren Probe sog. „Darmpeptone“ entstanden waren, konnte nicht untersucht werden, wegen der geringen Quantität des zum Versuche verbrauchten und überhaupt in Lösung gehenden Fibrins, dann aber auch, weil das Extract schon an und für sich alle Peptonreactionen gab. Was die Wirkung auf Stärke betrifft, so ist sie ausser Zweifel, und zwar am bedeutendsten bei alkalischer Reaction, d. h. mit dem Extracte für sich ohne Zusatz von Säure, deren Anwesenheit die Bildung des Zuckers hindert. Die gekochten Controlproben zeigten keine Wirkung, weder auf das Fibrin, noch auf die Stärke (selbst nach 7 Stunden nicht). b) Ausser der Dünndarmschleimhaut der Hunde hatte ich noch Gelegenheit, die ganz frische Dünndarmschleimhaut eines Affen (Macacus cynomolgus) zu untersuchen. Das Extract aus diesem Dünndarme habe ich nach der Methode 5 dargestellt. Die Versuche sind in folgender Weise ausgeführt worden: für eine jede Probe kamen 10 ccm. Extract in Verwendung. Die Proben waren ohne Zusatz alkalisch, ausserdem neutral und sauer. Die Controlproben waren gekocht. Proben mit Fibrin gaben folgendes: in der sauren, nicht gekochten ist das Fibrin schon nach 10 Minuten stark aufgequollen; nach 5 Stunden vollständig zerfallen. Hierbei muss bemerkt werden, dass beim Zusatze von HCl im Extracte eine Trübung entstand, die abfiltrirt wurde, so dass das Fibrinflöckchen in einer durchsichtigeren schwach opalescirenden Flüssigkeit lag. Die gekochte Probe zeigte keine Wirkung auf Fibrin; dagegen zerfielen die Fibrinflocken in den alkalischen und neutralen nach einigen Stunden. Die Proben mit Stärke und dem Extracte, wie es war, ehe es vom eben erwähnten Niederschlage abfiltrirt worden, zeigten die Anwesenheit des Zuckers schon nach wenigen Minuten, während die gesäuerte und filtrirte Probe garnicht, nach dem Neutralisiren

kaum auf Stärke wirkte; das diastatische Enzym wird also von dem Niederschlage niedergerissen. Die erwähnte Wirkung der filtrirten Lösung auf Fibrin hing dagegen von solchen Enzymen ab, welche wie das Trypsin oder Pepsin nicht so leicht an solchen Fällungen haften.

Nach der sechsten Methode habe ich entweder das einfach getrocknete und dann im Wasser aufgelöste Enzym, oder dessen abfiltrirte Glycerinlösung zu Versuchen gebraucht. Die Wasserlösung auf $^{1}/_{1000}$ HCl. gebracht, zeigte auch nach Tage langem Stehen keine Wirkung auf das Fibrin; bei der Anwendung von $^{2}/_{1000}$ HCl war das Fibrin schon nach wenigen Stunden zerfallen. Die neutralen und alkalischen Fibrinproben blieben nach Tage langem Stehen im Brütofen unverändert. Die Stärkeproben zeigten schon nach 10—20 Minuten Zucker. Die gekochten Controlproben blieben, wie gewöhnlich, ohne jede Wirkung. — Da sich das Pulver aber nicht vollständig löste, sondern immer etwas davon im Wasser ungelöst blieb, so versuchte ich den Rest mit einer 0,3 proc. Sodalösung in Lösung zu bringen. Da sich die so erhaltene Flüssigkeit wirkungslos erwies, so digerirte ich den oben erwähnten Rest 2 Tage bei 37—40° C., aber auch dieses Verfahren blieb vergeblich. Mit Wasser und 10 Tropfen HCl ($^{1}/_{1000}$) 2 Tage lang bei gewöhnlicher Zimmertemperatur gestanden, hatte sich von ihm auch nicht viel aufgelöst und das Filtrat davon besass keine verdauenden Eigenschaften. Die Glycerinlösung reagirte neutral. Bei saurer, alkalischer, wie auch neutraler Reaction übte sie keine Wirkung auf das Fibrin. Zucker dagegen wurde in den alkalischen, neutralen und schwach sauren Proben schon nach 10 Minuten gefunden. — Stärkere HCl von 0,1 pCt. hinderte die Zuckerbildung. Die gekochten Proben zeigten auch hier keine peptischen und diastatischen Eigenschaften.

Wenn wir jetzt einen Ueberblick über das oben Gesagte

halten und es kurz zusammenfassen, so lautet derselbe wie folgt: 1) Alle sechs zur Darstellung der Dünndarmenzyme befolgten Methoden leiden an dem Fehler, dass durch keine von ihnen die Enzyme allein für sich darstellbar oder aus der Schleimhaut extrahirbar sind. — Alle damit gewonnenen Resultate, gleich denen früherer Untersucher sind also nicht beweisend genug, da die Schleimhaut der zur Darstellung der besonderen Darmenzyme gebrauchten Hunde, gleichviel ob sie 3 oder 6 Tage gehungert hatten, immer mit Galle imprägnirt gewesen und kein Auswaschen im Stande war, die Färbung fortzubringen. Die Gallenfarbstoffe gingen dann in die Extracte über, worin man sie erkennen konnte; wo aber Galle gefunden wurde, konnten auch kleine Beimischungen von Trypsin aus dem Pankreas und Pepsin aus dem Magen, die weniger auffällig waren und deren Wirkung auf Rechnung des Dünndarmenzyms gesetzt wurde, vorkommen. 2) Das Fibrin in Berührung mit dem Extracte des Dünndarmes gebracht kommt nur in Anwesenheit von Säure zum Quellen und zerfällt. Hier ist ausser der Säure eine Enzymwirkung sicher, aber vielleicht nicht eines Darmenzyms, sondern eines oberflächlichen an der Schleimhaut haftenden Pepsins, das aus dem Magen stammen kann. Da in einigen Fällen wenigstens schwache Fibrinverdauung bei neutraler und alkalischer Lösung vorhanden war, so ist hier an das dem Darme ebenso fremde zurückgehaltene Trypsin des Pankreas zu denken.

3) Die Stärke wird am schnellsten bei der alkalischen Reaction gespalten, etwas langsamer bei neutraler und schwach saurer. Die stark saure Reaction von 2. p. m. HCl wirkt hindernd auf die Zuckerbildung. Alles das stimmt mit dem Verhalten des Ptyalins, wie des pankreatischen Zuckerbildners überein.

Weitere Untersuchungen über die Dünndarmverdauung habe ich mit dem Darmsafte aus *Thiry*'schen Fisteln angestellt. Ehe

ich darüber berichte, möchte ich einen interessanten Versuch erwähnen, der streng genommen, zwischen den Versuchen mit künstlichem und denen mit reinem Darmsafte steht. Es ist nämlich der Versuch mit dem Safte aus einer nach *A. Moreau*'s Verfahren mittelst Durchschneidung der Darmnerven gefüllten Darmschlinge. Die Schlinge war 24 Stunden vor Wiedereröffnung angelegt worden und nach dieser Zeit ziemlich schwach mit Saft gefüllt. Derselbe besass eine opalescirende weingelbe Färbung und enthielt zahlreiche weisslich-gelbe Flocken. Der Saft reagirte alkalisch. Weil seine Quantität eine sehr geringe war, versetzte ich ihn mit 50 ccm. $^1/_2$procentigem Thymolwasser und unter seiner Einwirkung sind auf die oben mehrfach wiederholte Weise Versuche angestellt, die zu folgenden Resultaten führten: in der sauren Probe war das Fibrin nach 5 Stunden schon vollständig zerfallen; die neutrale und alkalische Probe wirkten etwas langsamer. — Die gekochten Proben waren sämmtlich unwirksam. Stärke zeigte folgendes Verhalten: in der neutral reagirenden und alkalischen Probe hatte sich früher Zucker gebildet, während derselbe in der sauren erst später nachzuweisen war.

Zwei Hunde mit *Thiry*'scher Fistel waren zu meiner Verfügung. Das Operationsverfahren bei Anlegung derselben war das von *Thiry* angegebene, auch mit der von ihm angegebenen Modification zur Vermeidung des Prolapsus an der Fistel, indem das Bauchende des isolirten Darmstückes durch einen Längsschnitt gespalten und dann mittelst Schnürstiefelnaht verengt wurde. Dadurch war der Fisteleingang nach seiner Einheilung in die Bauchwunde so eng geworden, dass das Stäbchen des *Leube*'schen Apparates, welches nicht dicker als ein gewöhnlicher Gänsefederkiel war, mit Mühe hineinging. Etwa 4 Wochen

nach der Operation wurde der Hund Nr. 1 zu Versuchen gebraucht. Obwohl die Fistel schon nach 14 Tagen vollständig in die Bauchwunde eingeheilt war, so eiterte der Fisteleingang doch noch etwas, was das Sammeln des Saftes nicht erlaubte. Gewöhnlich sah die Schleimhaut der Fistel blassroth und trocken aus. Sie secernirte nur, wenn sie auf irgend eine Weise gereizt wurde, z. B. durch Einführen eines Glasstäbchens oder, wenn der Hund in Verdauung begriffen war.

Der Dünndarmsaft reagirte stets alkalisch. Er hatte einen eigenthümlichen aromatischen Geruch, sah weingelb, undurchsichtig und schwach opalescirend aus. Fast ein Drittel von der ganzen jedesmal gewonnenen Menge bestand aus weisslichgelben Flocken, die unter dem Mikroskope wie ein Conglomerat von sog. Schleimkörperchen aussahen. Aus einem solchen isolirten Dünndarmstücke wurde der Saft mittelst des von *Leube* angegebenen Apparates gewonnen. Das obere Ende des daran befestigten Glasstabes lag in der Fistel und übte einen beständigen mässigen Reiz auf die Schleimhaut des Darmes aus. So bekam ich durchschnittlich in einer Stunde 1,0—2,0 ccm. Saft der oben erwähnten Eigenschaften. Da diese Menge unconstant und dabei zu gering war, so gewann ich ihn gewöhnlich durch Reizung mit mässigen Inductionsschlägen. Im nüchternen Zustande sonderte das isolirte Darmstück keinen Saft ab; wenigstens konnte ich nach stundenlangem Beobachten keinen einzigen Tropfen aus der Fistel herauskommen sehen, wenn sie vorsichtig geöffnet wurde. Die Absonderung wurde überhaupt durch den Reiz eingeleitet. Um beim Sammeln des Saftes möglichst wenig zu verlieren, bediente ich mich des genannten *Leube*'schen Apparates auch zum Elektrisiren, mit der kleinen Modification, dass anstatt des verticalen Stäbchens eine Glasröhre von derselben Dicke angesetzt wurde, durch deren ganze Länge ein Leitungsdraht ging, der an seinem Ende, um die Schleimhaut nicht zu

kratzen, mit einem Schwämmchen versehen wurde. Somit war eine Elektrode direct in die Fistel, die andere unweit von ihrer Bauchöffnung am Bauche angebracht. Der Darmsaft lief direct in das Probirgläschen unter dem Trichter hinein. Die Absonderung bei elektrischer Reizung betrug fast das Doppelte, wie nach mechanischer Reizung. Die Reizung wurde eine Stunde lang fortgesetzt, wobei je drei Minuten nach zwei Minuten Pause gereizt wurde. Nach einer Stunde schien die Schleimhaut so ermüdet, dass die Absonderung sich merklich verminderte. Interessant ist die Thatsache, dass zuweilen bei schwacher elektrischer Reizung ein dickflüssiger, bei starker ein dünnflüssiger Saft auslief. Injectionen von HCl von 0,4 pCt steigerten auch die Darmsaftsecretion. Dann brachte ich dem Hunde in den Mund alle 10 Minuten kleine Quantitäten von Aether, was indess keinen Einfluss hatte. Endlich injicirte ich demselben Hunde subcutan 1 gr. des Alkohol- und Wasserauszuges von Joborandiblättern mittelst einer *Pravaz*'schen Spritze. Da das Präparat unrein war (es enthielt viel harzige, im Wasser unlösliche Bestandtheile), so zeigten sich auch die Injectionen von keiner beständigen Wirkung. Desswegen spritzte ich dem Thiere das Pilocarpinum muriaticum (das wirkende Princip der Joborandiblätter) ein, dessen Wirkung auf die Absonderung ganz eclatant war. Der Hund bekam in eine Hautvene zuerst 0,01 Pilocarpin. muriat. in 1,0 Aq. dest.; nach 4 Minuten kam der erste Tropfen und dann ging die Absonderung kolossal rasch vor sich. Die gesammte Quantität vom Hunde Nr. 1 betrug in zwei Stunden 40 ccm. Beim Hunde Nr. 2, welcher 0,005 Pilocarpin. muriatic. in 0,5 Aq. dest. zur Injection bekommen, begann die Absonderung erst nach 2 Minuten und ergab in einer Stunde und 40 Minuten 9 ccm. Saftes. Der Saft dieses letzteren zu den Verdauungsversuchen wegen Vereiterung der Fistel gewöhnlich nicht benutzten Hundes war dünnflüssig, etwas stärker als normal roth tingirt, enthielt

nicht nur Schleimflocken, sondern auch ganze Stücke von Dünndarmschleimhaut; unter dem Mikroskope konnte man sehr deutlich den Bau der Schleimhaut und der *Lieberkühn*'schen Drüsen erkennen. Ueberhaupt hatte der Saft nicht mehr den Charakter des normalen Darmsaftes, sondern glich mehr einer Transudationsflüssigkeit. — Gleichzeitig mit der Absonderung des Saftes wurde nach dem Pilocarpin auch Urin gelassen, Koth entleert, viel Speichel abgesondert und erbrochen und zwar in der genannten Reihenfolge. Die verdauenden Eigenschaften dieses Saftes waren nicht gross: weder saure noch alkalische oder neutrale Proben zeigten eine nennenswerthe Wirkung auf das Fibrin. Stärke dagegen wurde in alkalischen und neutralen Proben schon nach 30 Minuten in Zucker umgewandelt. Das eben Gesagte gilt von dem Safte beider Hunde. Der auf mechanische Reizung gewonnene Saft hatte die bekannten Eigenschaften des normalen Dünndarmsaftes. Das Fibrin löste sich in ihm unter allmählichem Aufquellen auf, aber sehr langsam, nur bei saurer Reaction erst nach 24 Stunden und unvollkommen. — Die alkalischen und neutralen Proben haben nie (obwohl ich mehr als 100 Versuche angestellt habe) irgend eine merkliche Wirkung auf das Fibrin geäussert, wenn die Fäulniss durch Spuren von Thymol verhindert worden. Um sicher zu sein, dass die bei saurer Lösung vorhandene Wirkung nicht allein von der Salzsäure abhängt, habe ich immer gleichzeitig auch Proben mit reiner HCl derselben Verdünnung angestellt und wohl das Aufquellen des Fibrins, nie aber das völlige Auflösen auch nicht nach viel längerer Zeit als im Dünndarmsafte gesehen. Da man aber weiss, dass manche Gemische, die organische und andere Stoffe enthalten, bei den hier in Frage kommenden schwachen Säuregraden Fibrin leichter angreifen, als die verdünnte reine Säure, so wurde kein Versuch ohne Controle mit einer gleich gesäuerten aber vorher gekochten Saftprobe angestellt und diese ergab immer, dass der Saft die

Wirkung auf Fibrin bei 100° verlor. Die Proben mit Stärke gaben meist nach 30 Minuten bis 1 Stunde constant Zucker; zugefügte Salzsäure verzögerte ganz entschieden diesen Process. Die alkalische Reaction des Saftes schien die Umwandlung der Stärke in den Zucker zu begünstigen. Ausserdem habe ich noch Verdauungsversuche mit rohem und gekochtem Fleisch und mit gekochtem Hühnereiweiss angestellt. Zu diesem Zwecke wurden nur ganz kleine längliche Stückchen Fleisch genommen, damit man an ihnen die geringsten Veränderungen wahrnehmen könnte. Diese sämmtlichen Versuche ergaben negative Resultate, d. h. ich konnte nie irgend welche Veränderungen an den Stückchen wahrnehmen, und in der Flüssigkeit keine Peptone finden. Das gekochte Hühnereiweiss wurde in Form kleiner Würfel oder Plättchen gebraucht, damit man an den Rändern bemerkte, ob sie corrodirt würden oder nicht. Ich fand auch nach 24 Stunden nicht die geringste Veränderung an ihnen. Die Wirkung des Saftes auf die Fette habe ich keine Gelegenheit zu untersuchen gehabt.

Wie gross die Umwandlungsfähigkeit innerhalb des Dünndarmes war und wie rasch sie sich manifestirte, konnte ich aus folgendem Versuche schliessen: ich injicirte mehrere Male 10 Gramm dünnen Stärkekleisters direct in die Fistel des Hundes I, hielt die Fistel mit meinem Finger zu, indem der Hund auf einer Seite gebunden lag, und fand in der nach 10 Minuten herausgelassenen Flüssigkeit Zucker. Einige Male sah ich schon nach 4 Minuten Zucker im Kleister aus der Fistel treten. Auch Fibrin habe ich versucht direct in die Fistel zu bringen, um es dort der Verdauung und Resorption zu überlassen. — Nach $2\frac{1}{2}$ Stunden wurde das Fibrin unverändert aus der Fistel herausgezogen und nach dem Trocknen und Wägen stellte sich nicht eine Verminderung, sondern eine Vermehrung des Gewichtes heraus. Hierbei muss noch bemerkt werden, dass die Peristaltik des Darmes so stark war, dass man

das Tüllbeutelchen mit dem Fibrin fast alle 5 Minuten wieder hinein schieben musste, was mit grossen Schwierigkeiten verbunden war, da der Fisteleingang sehr eng war, und beim Einführen des Fibrins leicht verletzt wurde und blutete; der Hund spannte dann wieder seine Bauchpresse an, so dass das Fibrin herausdrang. Diese Umstände haben mich bewogen den Versuch nicht mehr zu wiederholen.

Es erübrigt mir jetzt noch das Gesagte sowohl über die Wirkung des künstlichen als des natürlichen Dünndarmsaftes zusammenzufassen.

1) Man kann auf verschiedene Weisen den Dünndarmsaft und Dünndarmenzyme gewinnen. Die Methoden dazu sind: erstens das Anlegen einer *Thiry*'schen Fistel, zweitens die oben besprochenen 6 Methoden der Extraction von Dünndarmschleimhaut.

2) Die Wirkung des reinen Darmsaftes aus *Thiry*'schen Fisteln ist der Wirkung der auf künstlichem Wege dargestellten Dünndarmenzyme fast gleich.

3) Ihre Wirkung besteht darin, dass das rohe Fibrin bei saurer Reaction verdaut, und aus der Stärke Zucker, am schnellsten bei alkalischer Reaction, wird. Stark saure Reaction hindert die Zuckerbildung. Die gekochten Proben hatten niemals eine Wirkung weder auf Stärke, noch auf Fibrin gezeigt. Auf das gekochte und rohe Fleisch und auf gekochtes Hühnereiweiss zeigte der Saft aus *Thiry*'schen Fisteln keine Wirkung.

4) Da aber die Fibrinverdauung durch angesäuerten Dünndarmsaft, wenn man sie mit der erstaunlich raschen Wirkung des Magensaftes oder des Pankreassaftes vergleicht, nur sehr langsam geschieht und wenn man gleichzeitig die kolossale Resorptionsfähigkeit des Dünndarmes in Betracht zieht, so ist wohl der Schluss zu ziehen erlaubt, dass die eigentliche Rolle des Dünndarmes nicht in einer Speisenumwandlung in einen resorptionsfähigeren Zustand, son-

dern fast ausschliesslich in der Resorption der durch andere Säfte schon in diesen Zustand versetzten Nahrung besteht.

Meine Resultate weichen in manchen Punkten von denen der früheren Beobachter ab. Ich war ausser Stande, im natürlichen Darmsafte ein in neutraler oder alkalischer Lösung Eiweiss verdauendes Enzym zu finden. Dann konnte ich die saccharificirende Wirkung des Darmsaftes bei allen meinen Versuchen constatiren.

Der erstere negative Befund widerspricht den Angaben vieler Beobachter, vor allem denen *Thiry*'s. Ich meine jedoch, dass man diese in neuerer Zeit mit Recht zu bezweifeln beginnt, denn es kann Niemandem die Unzuverlässigkeit solcher lange währender Verdauungen in schwach alkalischen Lösungen, die auffälliger Weise nur auf rohes Fibrin wirken sollen, entgehen, da der Geruch und das Mikroskop jedesmal auf Fäulniss und Bacterien weisen, wenn das Fibrin zerfällt. *Thiry*'s Versuche mit dem vermeintlich isolirten specifischen Darmenzyme sind diesem Einwande nicht weniger unterworfen, während die meinigen, welche die Fäulniss in alkalischer Lösung durch den Thymolzusatz ausschlossen, nur dem Einwande ausgesetzt sind, dass das Thymol das fragliche Enzym an seiner Wirkung hindere, wofür es unter sämmtlichen bekannten Enzymen kein einziges Analogon gibt. Das angebliche Darmenzym müsste ausserdem noch eine Menge anderer, mit denen keiner anderen Substanz ähnlicher Art übereinstimmender Eigenschaften haben, da es Niemanden bisher gelungen ist, aus der Darmschleimhaut einen Körper oder ein Extract von jenem dem Succus entericus zugeschriebenen besonderen Verdauungsvermögen zu erhalten, was meine mit den neueren Methoden angestellten Versuche nur bestätigen. Findet sich in der Schleimhaut ein neben Thymol in nicht saurer Lösung verdauender Körper, so ist es jedesmal Trypsin, wie aus der Violetfärbung der Probe mit Br oder Cl leicht zu ersehen ist, und dieser ist

charakteristischer Weise im Darme hungernder Thiere nicht oder kaum, im Safte der Darmfistel nie enthalten.

Das Verhalten des mit HCl gesäuerten Fistelsaftes gegen Fibrin zeigt dagegen Pepsin als eines der natürlichen Absonderungsproducte des Darmepithels an, so lange diese Reaction unter Berücksichtigung der Peptonbildung für hinreichend zum Nachweise dieses Enzymes gehalten wird. Die Thatsache ist um so weniger auffällig, als kleine Pepsinmengen von *Grützner* u. A. schon in den Cylinderzellen der Pylorusdrüsen und der *Brunner*'schen Drüsen, und Spuren von Pepsin fast in allen Säften und Geweben von *Brücke* und *Kühne* gefunden sind.

Das saccharificirende Enzym endlich wurde im unvermischten Darmsafte von den früheren Beobachtern ebenso oft vermisst, als gefunden, so dass an individuelle Verschiedenheiten oder solche der Race bei den Hunden zu denken wäre.

Schliesslich erlaube ich mir noch, dem Herrn Geh.-Rath *Kühne*, in dessen Laboratorium diese Arbeit ausgeführt wurde, meinen Dank auszusprechen. —

Zur Degeneration durchschnittener Nerven.

Von

Dr. **Th. Rumpf.**

Die neuen Gesichtspunkte, die sich einerseits aus der genaueren Erkenntniss der Scheiden der Nervenfaser, andererseits aus dem Studium der chemischen Natur des Axencylinders und speciell aus der Löslichkeit desselben in Lymphe nach vorhergehender Aufquellung ergaben, mussten dazu führen, das Verhalten einzelner Theile der Nervenfaser bei der Degeneration einer erneuten Untersuchung zu unterwerfen.

Durch Verwendung der von *Ewald* und *Kühne*, sowie von mir systematisch geübten Entmarkung versprachen diese Untersuchungen auch über das Verhalten des Axencylinders, als des wichtigsten Theiles der Nervenfaser, Aufklärung, über dessen Verbleiben oder Verschwinden bei der Degeneration trotz der vielen diesen Gegenstand betreffenden Arbeiten eine Einigung unter den verschiedenen Forschern nicht erzielt ist.

Am meisten berücksichtigen die seitherigen Untersuchungen das Verhalten des Nervenmarkes. In dem peripheren Stücke eines durchschnittenen Nerven soll dieses mehr oder weniger verändert der Resorption anheimfallen, während der nicht resorbirte Rest, in der *Schwann*'schen Scheide eingeschlossen, lange Zeit persistire.

Ausser diesen Veränderungen des Markes sollen nach *Ewald* und *Kühne* bei der Degeneration auch einzelne Theile der von ihnen nachgewiesenen Umhüllungen des Markes, der hornführenden Scheiden sichtbar werden. Beide Forscher benutzten ausser andern

Methoden auch die Degeneration zur Darstellung dieser Gebilde. *Tizzoni*[1]) konnte das Sichtbarwerden derselben nach Nervendurchschneidungen bestätigen. Die ausser diesen Erscheinungen in den Markhüllen auftretenden Veränderungen beziehen sich vor Allem auf eine beträchtliche Vermehrung der Kerne und des Bindegewebes.

Die meisten dieser Beobachtungen wurden an dem peripheren Stücke durchschnittener Nerven gemacht und im Allgemeinen auf eine mit der Trennung vom Centralorgane wegfallende Erregung oder Ernährung bezogen, bis *Engelmann*[2]) nachwies, dass in den ersten Tagen nach der Durchschneidung auch in einem kleinen Stücke des centralen Endes derselbe Entartungsvorgang ablaufe, wie in dem peripheren. Dieser Vorgang soll nach *Engelmann* von der Schnittstelle aus sowohl in centripetaler als in centrifugaler Richtung, jedoch nur bis zum nächsten *Ranvier*'schen Schnürringe gehen und mit dem eigentlichen Degenerationsprocesse nichts zu thun haben. *Engelmann* fasst ihn als ein von diesem zu trennendes und nur durch die Durchschneidung bedingtes Absterben der sogenannten, durch den Schnürring angeblich begrenzten Nervenzelle auf. Derselben Ansicht, dass es sich bei diesen kurz nach der Durchschneidung auftretenden Veränderungen nicht um den eigentlichen Degenerationsprocess handle, ist *Colasanti*[3]). Er glaubt den Vorgang als „traumatische Veränderung der Nervenstrecken" bezeichnen zu müssen, während *Korybatt-Daszkiewicz*[4]) denselben als entzündliche Degeneration der nachfolgenden paralytischen gegenüber stellt.

Die Beobachtungen von *Engelmann* und *Colasanti* beziehen

---

1) Med. Centralblatt 1878, Nr. 13.

2) *Pflüger*'s Archiv. Bd. XIII.

3) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1878, III u. IV.

4) Ueber die Degeneration und Regeneration der markhaltigen Nerven. Diss. Strassburg 1878.

sich wesentlich auf das Nervenmark und wurden nach 1—3 Tagen gemacht; *Korybatt-Daszkiewicz* hat auch die einige Stunden nach der Operation auftretenden Erscheinungen untersucht und hier eine Quellung des Nervenmarkes sowohl als des Axencylinders gefunden. Der hiervon zu trennende eigentliche Degenerationsprocess soll im ganzen Verlaufe der abgetrennten Faser unabhängig von der Entfernung vom Centrum gleichzeitig anheben.

Einen Unterschied zwischen sensibeln und motorischen Fasern will *Colasanti* nicht bemerkt haben. Zu seinen Versuchen benutzte er das Meerschweinchen. Von andern Forschern wurde hauptsächlich der Frosch verwendet. Von den Säugern unterscheidet sich dieser wesentlich dadurch, dass der degenerative Process bei ihm viel langsamer verläuft und zum vollständigen Ablauf meist Wochen bedarf. Doch lassen sich eine Reihe von Erscheinungen bei ihm auf das trefflichste verfolgen.

Wir beginnen desshalb mit den Degenerationserscheinungen am Frosch.

Am einfachsten wird der Nervus ischiadicus benutzt, den man leicht am Oberschenkel aufsuchen kann. Um die Einmischung von etwaigen Regenerationsvorgängen zu vermeiden, wurde von den meisten Forschern ein kleines wenige Millimeter langes Stück des Nerven gleichzeitig herausgeschnitten, ein Verfahren, das ich für gewöhnlich ebenfalls befolgte. Doch überzeugte ich mich, dass auch bei einfachen Durchschneidungen ohne gleichzeitige Resection der Process in den ersten Tagen wenigstens ganz der gleiche ist. Nimmt man 24 Stunden nach der Durchschneidung den peripheren Stumpf heraus und untersucht entweder in NaCl-Lösungen, oder nach der Färbung mit Osmiumsäure, so zeigt sich an dem Präparate Folgendes:

Direct am Schnittende sieht man die Fasern vielfach von Massen zusammengeballten Markes umgeben, das in unregel-

mässigem Ballen theils dem Schnittende anklebt, theils die Lücken zwischen einzelnen Fasern ausfüllt. Vielfach lässt sich der Ursprung desselben insofern nachweisen, als ein directer Zusammenhang des äusseren Markes mit dem noch in der Faser befindlichen vorhanden ist. Direct am Schnittende enthalten nämlich die Fasern noch deutlich sichtbares Mark. Doch ist diese anscheinend den normalen Inhalt aufweisende Strecke sehr kurz und geht allmählich in eine solche über, in der das Mark mehr oder weniger vollständig zu fehlen scheint. Diese Partie findet in der Regel an dem nächsten Schnürringe ihre Grenze, ohne dass dieses jedoch immer der Fall ist.

An Osmiumpräparaten folgt auf ein kleineres gefärbtes Stück der Faser ein solches, das fast gar nicht gefärbt mit feinen Körnchen angefüllt ist. An dem nächsten Schnürringe beginnt in der Regel wieder das normal gefärbte Mark; doch habe ich auch eine nicht unbeträchtliche Zahl Fasern constatiren können, an welchen die scharfe Grenze zwischen zwei Schnürringen, anscheinend an einer Einkerbung ihren Sitz hatte. Dabei war der der Schnittstelle nächste Schnürring entweder bei grosser Entfernung nicht erreicht, oder bei grösserer Nähe überschritten.

Der Axencylinder ist an diesen Präparaten nicht zu sehen. Um ihn sichtbar zu machen, bedarf es der Entmarkung mit Alkohol und Aether. Mit Hämatoxylin gefärbt zeigt sich an dem Präparate nun Folgendes:

An Stelle des schmalen Axencylinders, wie er sonst unter der Behandlung mit Alkohol und Aether hervortritt, bietet sich jetzt in der dem Schnittende nahe liegenden Strecke ein im Allgemeinen ziemlich verbreiteter Axencylinder dar. Derselbe zeigt seine beträchtlichste Vergrösserung nicht zu weit von dem Schnittende, wo er mit einer meist kolbigen Anschwellung endigt, so dass ein nach dem Schnittende gelegenes Stück der Faser einen Axencylinder überhaupt nicht mehr enthält. Nach

dem peripheren Ende zu nimmt die Quellung des Axencylinders langsam ab, ist jedoch an dem nächsten Schnürringe und darüber hinaus meist noch nachweisbar.

Welche Erklärung haben wir für diese Bilder?

Zur Erklärung der Quellung des Axencylinders genügt es wohl an die Resultate meiner[1]) früheren Untersuchungen zu erinnern.

Ich habe nachgewiesen, dass der Axencylinder nach der Trennung von seinen centralen und peripheren Endapparaten unter der Einwirkung der Lymphe quillt und nach kurzer Zeit der Resorption anheimfällt. Bei unsern jetzigen Versuchen haben wir nur eine einfache Trennung von dem centralen Endorgan bewirkt. Aber für die Quellung eines kleinen Stückes und die Resorption eines noch kleineren an der Schnittstelle gelegenen und so der Einwirkung der Lymphe am meisten ausgesetzten hat auch die einfache Durchschneidung genügt.

Wie aber verhält sich das Mark zu diesem Vorgange? Ich habe schon an anderer Stelle die mit Strömungserscheinungen innerhalb der Faser verlaufenden Quellungsvorgänge des Markes und das Austreten dieses aus dem Schnittende geschildert. Die damaligen Untersuchungsflüssigkeiten waren Wasser, Kalilauge und Essigsäure. Hinzufügen muss ich noch, dass ähnliche Erscheinungen, wenn auch viel langsamer unter der Einwirkung von Lymphe auftreten.

Die gleichzeitige Quellung des Axencylinders trägt vielleicht auch einen Theil der Veranlassung dieses Vorgangs, wobei das Mark, wie auch *Korybatt-Daszkiewicz* angibt, in der Nähe der Schnittfläche den Eindruck einer gequollenen Masse macht, wie sich am Besten an Präparaten nach kürzerer Einwirkung von Lymphe nachweisen lässt.

---

[1]) Diese Untersuchung. Bd. II, Heft 1.

Wird nun der Faserinhalt durch Quellung einem stärkeren Druck ausgesetzt (die nicht zu elastischen hornführenden Scheiden ertragen, wie sich leicht in destillirtem Wasser verfolgen lässt, nicht die gleiche Ausdehnung wie die *Schwann*'sche Scheide), so muss eine Strömung nach den Stellen des geringeren Widerstandes das Resultat sein, wobei dann zu berücksichtigen ist, dass mit zunehmender Entfernung von der Schnittfläche ein Punkt erreicht werden muss, an welchem Druck und Reibungswiderstand nahezu in's Gleichgewicht kommen. Dass dabei natürlich jedes grössere Hemmniss, und als solches müssen wir doch jedenfalls einen Schnürring bezeichnen, leicht die Grenze sein kann, ist selbstverständlich. Ausserdem kommt aber noch hinzu, dass die Veränderung des Axencylinders und Markes unter der Einwirkung der Lymphe sich zunächst doch nur an den der Schnittstelle nahe liegenden Partieen geltend macht und ein weiterer Theil der Faser mit intactem Axencylinder auch jene Veränderung des Markes nicht darbietet.

Zu erklären bleibt hierbei nur noch, wesshalb nahe an der Schnittstelle jene hier und da ziemlich beträchtlichen Markreste in der Faser zurückgeblieben sind. Die Erklärung für diese Erscheinung haben wir wohl wesentlich in dem durch die Entleerung gewonnenen Raume und in den durch Gerinnung des Markes am Schnittende sich mehrenden Austrittsschwierigkeiten zu suchen. Vielleicht sind auch die stärkere Quellung und Resorption des Axencylinders am Schnittende dafür von Bedeutung.

Für die 24 Stunden nach der Durchschneidung an dem peripheren Stücke eines Nerven sich darbietenden Bilder haben wir demnach eine einfache Erklärung in der zersetzenden Wirkung der Lymphe.

48 und 72 Stunden nach der Durchschneidung sehen wir an Osmiumpräparaten eine wesentliche Differenz gegen die früheren Bilder nur in dem Verhalten des Markes an der Schnittstelle.

Theils zeigt es besonders im Innern der Faser nicht mehr jene intensive Farbe, wie sie der Wirkung des Osmiums auf die Stoffe des Markes sonst eigenthümlich ist, theils ist es auch im Ganzen vermindert, ein Umstand, den wir mit Wahrscheinlichkeit jenen jetzt in grösserer Zahl vorhandenen Zellen zuschreiben müssen, die sogar in das Innere der Faser eindringend den Markdetritus aufnehmen und weiter transportiren.

An den entmarkten Fasern lässt sich zu dieser Zeit das Fehlen des Axencylinders schon weiter in die Faser hinein verfolgen. Doch geht der Schwund ausserordentlich langsam. Das kolbig gequollene Ende zeigt sich dem nächsten Schnürringe etwas näher, ist jedoch weit entfernt ihn erreicht zu haben. Dagegen beschränkt sich die leichte Aufquellung des Axencylinders am dritten Tage nicht mehr auf die vom ersten oder zweiten Schnürringe begrenzte Partie, sondern geht schon tiefer in die Faser hinein, ohne sich jedoch deutlich zu begrenzen. Sie kann in keiner Weise als mächtig in die Augen fallende Quellung bezeichnet werden, ist vielmehr an einzelnen Stellen nur durch leichte Varicositäten nachweisbar und verliert sich langsam in die normale Strecke.

Ziemlich die gleichen Bilder wie in dem peripheren Stücke finden sich in den ersten Tagen nach der Durchschneidung in dem centralen. Auch hier entleert sich das Mark aus dem der Schnittfläche angrenzenden Theile, auch hier findet eine Quellung des Axencylinders statt; doch betrifft die letztere nur das dem Schnittende zunächst liegende Stück und selten erstreckt sie sich in deutlicher Weise über den nächsten Schnürring. Dieser Quellung folgt ebenfalls eine Auflösung; doch geht auch sie nur selten weit in die Faser hinein.

Nach 3 und 4 Tagen sieht man schon manche Fasern, an welchen zwar ein kleines Stück des Axencylinders im Innern fehlt, aber das nach der Schnittfläche gerichtete Ende desselben zeigt hier vielfach keine kolbige Anschwellung, sondern ein voll-

ständig normales Verhalten. Es beruht dieses höchst wahrscheinlich darauf, dass das stärker gequollene Anfangsstück schon gelöst ist, während die weitere nur in geringem Grade von der Lymphe afficirte Partie unter dem Einflusse der Centralorgane wieder zum normalen Verhalten zurückgekehrt ist. Dieser Rückkehr zum normalen Verhalten schliessen sich dann bald Regenerationsvorgänge an, von welchen hier abzusehen ist.

Im peripheren Stücke gehen nun im Laufe mehrerer Tage jene Veränderungen vor sich, die in letzter Zeit als die eigentliche Degeneration von den eben beschriebenen Vorgängen gesondert wurden. Wesentlich zeigen sich diese am Marke, dessen Einkerbungen zunächst deutlicher und breiter werden; dann tritt eine geringere Färbung mit Osmiumsäure ein und endlich folgt eine Bildung von unregelmässigen Tropfen und Schollen im Mark. Indessen ist beim Frosch dazu ausserordentlich viel Zeit nothwendig. Auch der Axencylinder verändert sich sehr langsam. Zwar nähert sich das Ende desselben durch Resorption immer mehr dem Schnürringe; doch verläuft dieser Vorgang mit sehr geringer Schnelligkeit. 7 und 8 Tage nach der Durchschneidung sieht man noch vielfach den Axencylinder in das zwischen Schnittstelle und erstem Schnürringe gelegene Schaltstück der Faser hineinragen; derselbe ist allerdings in mässigem Grade gequollen und hie und da auch nicht ganz regelmässig verbreitert, beides in der Regel über eine weite Strecke des Nerven hinaus.

In diesem Verhalten zeigt sich ein beträchtlicher Gegensatz gegen die von mir geschilderten Vorgänge bei der doppelten Durchschneidung des Nerven, die *Ranvier* für identisch mit derjenigen bei der Degeneration hält.

Ranvier schildert in seinen „Leçons" einige Versuche, wie ich sie ohne Kenntniss des *Ranvier*'schen Werkes und von andern Gesichtspunkten ausgehend ebenfalls gemacht habe.

Er schneidet einmal ein Stück aus dem Nervus ischiadicus

einer Ratte heraus und führt es in die Peritonealhöhle desselben Thieres ein und dann lässt er ein ausgeschnittenes, also von seinem centralen und peripheren Endorgan getrenntes Stück des N. ischiadicus der Ratte, des Meerschweinchens, des Kaninchens an seiner normalen Stelle. Die Untersuchung nach drei, vier, fünf und sechs Tagen führte ihn zu dem Resultate, dass die nach der doppelten Durchschneidung auftretenden Erscheinungen und der sogenannte Degenerationsprocess in dem peripheren Stücke eines durchschnittenen Nerven vollständig identisch sind.

Ich habe schon in meiner früheren Arbeit, auf Versuche am Frosch gestützt darauf hingewiesen, dass diese Ansicht *Ranvier*'s auf einem Irrthum beruht, und dass eine wesentliche Differenz zwischen beiden Vorgängen in dem Verhalten des Axencylinders vorhanden ist. Da ich aber den eigentlichen Degenerationserscheinungen in der Darstellung meiner früheren Arbeit nur eine sehr oberflächliche Beachtung schenken konnte, so ist hier auf diesen Punkt weiter einzugehen.

Wenn man einen doppelt durchschnittenen und 3—4 Tage an seinem Platz verbliebenen Nerven mit Osmiumsäure untersucht, so machen allerdings die beiden Schnittflächen vollständig den Eindruck, als handle es sich um eine von beiden Seiten ausgehende Degeneration. Man sieht, wie in gleicher Weise ein Theil des Markes nach dem Schnittende geströmt ist, wo es theilweise noch an dem Ende der Fasern anklebt und ferner, wie an ähnlich scharfer Grenze, meist an dem Schnürringe wieder, das anscheinend normale Mark beginnt.

Soweit gleicht also der Process dem der einfachen Degeneration vollständig. Anders aber gestaltet sich das Bild nach der Entmarkung und Färbung. Hier fehlt in dem doppelt durchschnittenen Stücke des Nerven der Axencylinder vollständig. Die Erklärung für diese Erscheinung habe ich schon früher gegeben und brauche hier nur kurz darauf einzugehen.

Unter der Einwirkung der Lymphe ist der Axencylinder zunächst jene Aenderung eingegangen, die ihn nach der Entmarkung mit Alkohol und Aether gegenüber dem sonst sichtbar werdenden schmalen centralen Faden als eine beträchtlich gequollene Masse erscheinen liess und diese Masse ist im Lauf weniger Tage der vollständigen Resorption anheimgefallen.

Gegenüber diesem Bilde bei der doppelten Durchschneidung zeigt das periphere Stück eines nur vom Centrum getrennten Nerven eine wesentliche Differenz. Hier tritt direct an dem Schnittende zwar gleichfalls eine Quellung des Axencylinders auf, der eine stückweise Resorption folgt; aber nach drei, vier und mehr Tagen ist sogar in dem zwischen Schnittfläche und nächstem Schnürringe gelegenen Schaltstücke des Nerven der Axencylinder noch theilweise erhalten, und fehlt vollends nicht im weiteren Verlaufe. Die Schlussfolgerungen, die sich aus diesem Verhalten ergeben, habe ich schon früher gezogen. Es resultirt daraus mit Bestimmtheit, dass die Ernährung des Axencylinders wesentlich von den centralen sowohl als von peripheren Endorganen erfolgt, und dass die Annahme einer Selbständigkeit des Axencylinders in Beziehung auf seine Ernährung, wie sie von *Ranvier* und nach ihm von *Engelmann* aufgestellt ist, in keiner Weise möglich ist.

Da aber in dem peripheren Stücke eines durchschnittenen Nerven ausser den ersten der Lymphe anheimgefallenen Strecken des Axencylinders bald noch weitere folgen, so genügt das periphere Endorgan zur Erhaltung des Axencylinders nicht vollständig. Doch erfolgt die Veränderung desselben bald weniger von der Schnittfläche, als von der Flanke aus, und dehnt sich über weitere Strecken aus.

Dabei muss vor allem der Umstand auffallen, dass die Quellung ausserordentlich langsam erfolgt. Wenn der Axencylinder schon 4—5 Tage nach der Durchschneidung über ein grosses mehrere Millimeter umfassendes Stück geringgradige Aufquellung zeigt und

dieses Bild sich mehrere Tage lang trotz der weitern Lympheinwirkung ziemlich unverändert erhält, so dass wir am siebenten, achten, neunten Tage dieselben Stellen vielleicht in geringem Grade mehr gequollen treffen, so beweist dieses, dass die der Zerstörung durch die Lymphe entgegenwirkenden Factoren, nämlich die Ernährungsströmungen von den Endorganen, sich zu einer Zeit noch geltend machen, in welcher der Axencylinder schon eine ziemlich bedeutende, höchstwahrscheinlich chemische Veränderung erlitten hat. Damit tritt aber zugleich die Frage auf, ob diese jedenfalls veränderten Partien des Axencylinders, die also für Ernährungsströmungen von Seiten der Endorgane noch durchgängig sind, in ihren sonstigen Eigenschaften noch mit dem Axencylinder gleichgestellt werden können, das heisst, ob sie erregungsfähig resp. leistungsfähig sind.

Was die Erregungsfähigkeit betrifft, so wissen wir, dass degenerirende Nerven langsam schwerer erregbar und dann vollständig unerregbar werden. Ob aber die Erregbarkeit schon zu einer Zeit verschwunden ist, in der der Axencylinder zwar schon verändert, jedoch in seiner Continuität noch erhalten ist, wissen wir nicht.

Ranvier glaubt die bei der Degeneration auftretende Discontinuität für die Unerregbarkeit verantwortlich machen zu müssen und schiebt den ersteren Vorgang dem Protoplasma der Kerne zu, das wuchernd den vollständig passiven Axencylinder durchschneide. Er hat dabei entschieden Bilder vor Augen gehabt, an welchen der Axencylinder stellenweise fehlte. Es unterliegt wohl keinem Zweifel, dass hier einzelne Strecken resorbirt waren, während andere vielleicht durch die schwierigere Zugänglichkeit der Lymphe der Resorption noch entgangen waren, Bilder, wie ich sie schon in meiner früheren Arbeit bei der Wirkung der Kochsalzlösungen geschildert habe.

Die Ursache für diese Continuitätsunterbrechung des Axencylinders müssen wir demnach in einem andern Processe, als *Ranvier* suchen; aber die Ursache für die Unerregbarkeit könnte entschieden in einer Discontinuität des Axencylinders gelegen sein, wenn nicht die Unerregbarkeit schon vorhanden ist, bevor die eigentliche Resorption des Axencylinders beginnt. Und das Letztere scheint allerdings der Fall zu sein.

An peripheren Stücken des N. ischiadicus liess sich 14 Tage nach der Durchschneidung die vollständige Unerregbarkeit des Nerven nachweisen, während der Axencylinder noch vollständig vorhanden, allerdings beträchtlich verbreitert war. Die Muskeln selbst waren faradisch gut erregbar. Eine Discontinuität des Axencylinders liess sich dabei in keiner Weise constatiren.

Dieselben Resultate ergab die Untersuchung 16 Tage nach der Durchschneidung, so dass wir es zuvor durchaus mit keiner schon nicht mehr ernährten, oder Ernährungsströme nicht mehr leitenden Masse zu thun hatten.

Die Schlussfolgerungen, die wir aus diesem Verhalten ziehen können, dürften für die Pathologie nicht ohne Bedeutung sein. Gibt es Zustände des Axencylinders, in denen er zwar ernährende Strömungen passiren lässt, aber andere Eigenschaften, die Erregbarkeit, vielleicht auch Leitungsfähigkeit eingebüsst hat, so haben wir hier ein Analogon mit einzelnen Erscheinungen in der Neuropathologie. Es gibt eine ganze Reihe von Lähmungen, bei welchen in den Nerven eine Unfähigkeit für die motorische Leitung vorhanden ist, ohne dass eine Spur von trophischen Störungen daraus resultirt. Man hat sich seither damit geholfen, besondere trophische Nerven mit stärkerer Resistenzfähigkeit gegen schädliche Einflüsse anzunehmen. Das Vorkommen solcher Veränderungen des Axencylinders dürfte derartige Zustände vielleicht einfacher erklären.

Untersuchen wir nun, wie der Process der Degeneration in der nächsten Zeit weiter verläuft. Wie schon erwähnt, zeigt sich

an einzelnen Stellen eine Discontinuität des Axencylinders. Dieselbe beginnt in der Regel am Ende der dritten oder im Anfange der vierten Woche. Aber auch die einzelnen Reste fallen nach kurzer Zeit der Resorption anheim und der Axencylinder schwindet in den mehr und mehr degenerirenden Partien vollständig. Mit dem Verschwinden des Axencylinders geht auch das noch vorhandene Mark jene degenerativen Veränderungen ein, die schon zur Genüge beschrieben sind.

Bestätigen möchte ich nur die Angaben von *Ranvier*, dass ausser der Vermehrung des Bindegewebes und der Kerne sich in den degenerirten Partien eine grosse Anzahl zelliger Elemente einfindet, die das ausgetretene Mark gleichsam aufzehren und an Osmiumpräparaten einen Inhalt von leichtbraun gefärbten Marktröpfchen aufweisen.

Ausser diesen Gebilden tritt aber bei der Degeneration noch ein anderer Bestandtheil der Nervenfaser hervor und zwar sind dies die eigentlichen noch innerhalb der *Schwann*'schen Scheide gelegenen Umhüllungen des Markes. Schon oben habe ich erwähnt, dass *Ewald* und *Kühne* bei der Degeneration einzelne Partien dieser von ihnen entdeckten Umhüllungen des Markes, der Hornscheiden, nachweisen konnten. Und allerdings bleiben dieselben in der ersten Zeit der Degeneration während des Schwundes des Axencylinders und des Zerfalls des Markes vollständig intact. Durch Entmarken mit siedendem Alkohol und Aether lassen sich beim Frosche die hornführenden Scheiden noch in ihrem ganzen Zusammenhange und anscheinend unverändert nachweisen, wenn der Axencylinder schon geschwunden ist und von dem Marke nur noch körnige Reste den Inhalt der Faser ausmachen.

Später zerfallen auch diese Scheiden; zunächst scheinen sie sich zu trüben und dann in schollige oder körnige Gebilde zu zerfallen. Dieser Process scheint in den peripheren Nerven vom Frosch noch rascher zu verlaufen, als im Rückenmarke des Menschen,

wo *Schultze* und *ich*[1]) 8 Wochen nach den Erscheinungen der Degeneration in den erkrankten Partien noch das wenig veränderte, höchstens etwas zerklüftete Horngerüst nachweisen konnten.

Die degenerativen Veränderungen nach Nervendurchschneidungen verlaufen beim Säugethiere ausserordentlich viel rascher, als beim Frosch. Auch bei ihnen treten, wie *Colasanti* wenigstens am N. ischiadicus des Meerschweinchens beobachtete, zunächst jene sogenannten traumatischen Veränderungen an der Schnittfläche ein, die wir wohl auch hier einer raschen Einwirkung der leicht eindringenden Lymphe zuschreiben müssen. Diese Veränderungen zeigen sich hier schon nach 24 Stunden in voller Ausbildung und etwa nach 72 Stunden folgen nach *Colasanti* die eigentlichen degenerativen Vorgänge.

Beim Kaninchen bieten sich im Allgemeinen die gleichen Bilder. Auch hier zeigt der durchschnittene Nerv nach 24 Stunden jene vielfach bis zum nächsten Schnürringe gehende Veränderung.

Derselbe Process wie beim Frosch hat ohne Zweifel das Austreten eines Theiles des Nervenmarkes aus dem Schnittende hervorgerufen, das man auch hier in grossen Ballen an den Fasern ankleben sieht. Doch zeigt sich insofern eine Differenz gegen den Frosch, als das Mark bis zu einer bestimmten Grenze nicht vollständig ausgetreten ist, sondern die dem Schnittende zunächst liegenden Partien sich wesentlich durch einen geringeren Gehalt an Mark auszeichnen. Vielfach folgt dann auch eine markleere Strecke, die durch eine ziemlich scharfe Grenze gegen das normale Bild contrastirt. Doch ist diese Grenze beim Kaninchen oft nicht so scharf, wie beim Frosche und ferner liegt sie vielleicht noch häufiger an einer Einkerbung als an dem Schnürringe. Es kommen hier indess entschieden Differenzen vor, die wohl hauptsäch-

---

[1]) Centralbl. f. d. med. Wiss. 1878. No. 37.

lich auf dem verschiedenen Reichthume der Thiere an Lymphe beruhen.

Dasselbe Bild wie das periphere Stück bietet im Allgemeinen das centrale. In beiden zeigt sich ausserdem nach der Entmarkung dieselbe Quellung des Axencylinders in der Nähe der Schnittstelle wie beim Frosch. Die Resorption dieser gequollenen Partien verläuft in den ersten Tagen beim Kaninchen fast ebenso langsam wie beim Frosch. In dem peripheren Stücke ist nach 2 Tagen nur ein minimales Stück zwischen Schnittfläche und nächstem Schnürringe verschwunden.

Auch in dem centralen Stücke erfolgt die Auflösung eines Theiles des gequollenen Axencylinders. Es handelt sich auch hier jedenfalls um einen Process des Absterbens und nicht um eine Hypertrophie, die gleichsam der Regeneration vorausgeht, wie dieses *Ranvier* [1]) glaubt und wie es auch einige andere Forscher [2]) nach ihren Ausdrücken bei ähnlichen Befunden anzunehmen scheinen.

Jedenfalls geht aber dieser Process der Quellung und Resorption in den ersten zwei Tagen nach der Durchschneidung im centralen sowohl als im peripheren Stücke ausserordentlich langsam vor sich. Dem gegenüber bietet ein doppelt durchschnittenes Stück des N. ischiadicus nach zwei Tagen ein ganz anderes Bild. Hier fehlt in einer grossen Anzahl der Fasern der Axencylinder vollständig; in andern zeigt sich durchgehends jene bekannte beträchtliche Verbreiterung des centralen Gebildes und in den dritten sieht man die Uebergangsformen von den

---

[1]) *Ranvier* „Leçons sur etc." Tome II. pag. 41.

[2]) Der Ausdruck: Hypertrophie des Axencylinders ist keineswegs selten: meist sind es Schilderungen acut entzündlicher Processe, bei welchen er sich findet. Von den seitherigen Forschern ist vielleicht *Friedr. Schultze* (*Virchow*'s Archiv Bd. 73) der einzige, der diese in ihrem Volumen vergrösserten Axencylinder als Uebergangsstufen zum Zerfall auffasst.

zweiten zu den ersten; in diesen ist jene Discontinuität des Axencylinders vorhanden, die sich auch hier nur dadurch erklären lässt, dass einzelne der Lymphe leicht zugängliche Theile schon resorbirt sind, während andere Reste derselben noch widerstanden haben.

Sonach dürfte die Gültigkeit unserer schon aus den Ergebnissen am Froschnerven gezogenen Schlussfolgerungen auch für die Säugethiere erwiesen sein.

Was das weitere Fortschreiten der Degeneration am durchschnittenen Nerven betrifft, so liegt die wesentlichste Differenz zwischen Frosch und Kaninchen in der zum Ablauf der Erscheinungen nöthigen Zeit. Beim Kaninchen ist durchschnittlich schon am vierten Tage der Nerv unerregbar und erfolgt auch die Resorption des Axencylinders um diese Zeit.

Einen Unterschied zwischen einzelnen Fasern, der auf eine differirende Degeneration der motorischen und sensiblen Fasern bezogen werden könnte, habe ich weder beim Kaninchen noch beim Frosch constatiren können. Doch möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dass man sich bei allen Untersuchungen vor jenen keineswegs zu selten vorkommenden Fasern zu hüten hat, die den Eindruck von degenerirten machen, ohne dass ihre Degeneration irgend etwas mit der Durchschneidung zu thun hat. *Kuhnt*[1]) hat schon auf das Vorkommen dieser Fasern in ganz normalen Nerven aufmerksam gemacht und *Sigmund Mayer*[2]) hat neuerdings in einer ausführlichen Arbeit das Auftreten derselben verfolgt. Ausser diesen degenerirenden Fasern finden sich auch Bilder, die, wie ich im Anschlusse an *Kuhnt* und *Mayer* glaube, keine andere Deutung als die beginnender Regenerationsprocesse zulassen, worüber weitere sorgfältige Untersuchungen gewiss bald entscheiden würden.

---

[1]) Archiv f. mikrosk. Anat. Bd. XIII.

[2]) Sitz.-Ber. d. Kais. Acad. d. Wiss. III. Abth. Jahrg. 1878.

Mich halten jetzt leider äussere Verhältnisse von der Fortsetzung dieser Arbeiten ab. Wenn ich aber trotz vieler Lücken die seitherigen Ergebnisse veröffentliche, so mag die Wichtigkeit des Gegenstandes mich entschuldigen.

Heidelberg, den 2. October 1878.

Ueber das braune Pigment des Auges.

Von

Dr. **Karl Mays.**

Im Anschlusse an die von *Kühne*[1]) gemachte Beobachtung, dass das braune Pigment des Auges, welches bekanntermassen sich gegen chemische Reagentien so dauerhaft zeigt, durch das Licht in verhältnissmässig kurzer Zeit gebleicht werde, unter der Voraussetzung, dass eine weitere Bedingung erfüllt ist, nämlich die Anwesenheit von Sauerstoff, habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, welche diese Angabe unter verschiedenen Bedingungen zu bestätigen im Stande sind. Da aber der Einfluss des Lichtes sich nicht nur auf die Bleichung des Pigmentes erstreckt, sondern durch dasselbe auch andere chemische Vorgänge, nämlich die Lösung des Pigmentes in gewissen Flüssigkeiten, beeinflusst werden, so mussten die Untersuchungen auch auf diesen Punkt ausgedehnt werden.

Zur Reindarstellung des Pigmentes bediente ich mich eines Materiales, welches im hiesigen physiologischen Institute gelegentlich anderer Untersuchungen gesammelt war. Es bestand in den Augen von einigen hundert Hühnern, die durch einen Aequatorialschnitt gespalten, mit Alkohol und Aether vollständig erschöpft und unter Aether aufbewahrt waren. Wenn es sich darum handelt, einen schwer angreifbaren Körper aus einem thierischen

[1]) Untersuchungen des physiol. Instituts der Universität Heidelberg. Bd. II, Heft I, p. 112 ff.

Gewebe zu trennen, so gibt es wohl kein einfacheres und sichereres Mittel als die Ueberführung der Gewebebestandtheile in lösliche Substanzen mittels der Verdauung. Diese wurde auch zu der Darstellung des Pigmentes angewandt und zwar die rascher und energischer wirkende Pankreasverdauung; es war dabei nur in Betracht zu ziehen, dass derselben auch die collagenen Bestandtheile zugänglich gemacht wurden, und dies wurde durch Kochen der Augen mit Wasser erreicht; zugleich wurde hierdurch der noch in den Augen zurückgebliebene Aether entfernt. Das Verdauungsgemisch wurde mit 0,2 pCt. Salicylsäure bereitet, um die Fäulniss zu verhindern. Nach 24 Stunden war fast alles gelöst, nur einige in der Sclera vorgekommene Verknöcherungen hatten in dieser Zeit der Verdauung soweit widerstanden, dass sie wenigstens noch als zusammenhängende Gebilde sich vorfanden. Dieser Umstand machte es jedoch leicht, sie vom Pigmente zu trennen, welches durch Gaze abfiltrirt wurde. Um möglichst den Verlust an Pigment und jede Verunreinigung zu verhüten, wurde dasselbe von nun an nie auf ein Filter gebracht, sondern immer in einer Reihe von Tellern absitzen gelassen, was gewöhnlich in einigen Tagen vollständig erzielt wurde. Auf diese Weise wurden zunächst die gelösten Verdauungsproducte abgegossen und das Pigment einige Male mit Wasser gewaschen. Die einzigen Substanzen, mit denen es nun noch verunreinigt sein konnte, waren Nukleïne und Neurokeratin; das letztere musste jedoch schon entfernt sein und zwar auf mechanischem Wege, einmal durch das Filtriren durch Gaze, sodann bei dem Waschen mit Wasser. Dass bei diesen Proceduren das haftende Flocken bildende Neurokeratin zurückbleibt, steht mit den sonstigen Erfahrungen über seine Beschaffenheit, die im hiesigen Laboratorium gemacht sind, im Einklange und wurde ausserdem durch die mikroscopische Untersuchung bestätigt, indem in dem gereinigten Pigmente keinerlei Beimischungen zu erkennen waren, die von dieser Substanz hätten

herrühren können. Zur Entfernung der Nukleïne wurde verdünnte Natronlösung angewandt. Dieselbe blieb einige Tage auf dem Pigmente stehen und wurde dann mit ihm aufgekocht. Beim Stehen sowohl als beim Kochen färbte sich die Natronlösung braun. Diese wurde nun abgegossen, das Pigment in grosse Cylinder gebracht und diese mit Wasser aufgefüllt. Da es sich ziemlich rasch zu Boden setzte, konnte auf diese Weise eine sehr ausgiebige Auswaschung vorgenommen werden. Dieselbe wurde so lange fortgesetzt, bis die Flüssigkeit nicht mehr alkalisch reagirte. Nachdem als letztes Waschwasser noch einige Male destillirtes angewandt war, und endlich nacheinander Alkohol und Aether, wurde das Pigment getrocknet.

Mit so gereinigtem Pigmente wurden die meisten der nachfolgenden Versuche angestellt; wo dies nicht der Fall war, wird es ausdrücklich bemerkt werden. Ich werde zunächst die Löslichkeitsverhältnisse des Pigmentes besprechen: Kein chemisches Reagens ist bis jetzt bekannt, welches das Pigment sofort zersetzte oder auflöste. Concentrirte Säuren und Alkalien bedürfen längerer Zeit oder des Erhitzens, um dies zu bewerkstelligen. Bei längerem Kochen färbt das Pigment concentrirte Schwefelsäure schwarzbraun, concentrirte Natronlauge und Salpetersäure mehr gelbbraun. In beiden Fällen gelingt es jedoch auch nach längerem Kochen nicht, einigermassen grössere Mengen des Pigmentes zu lösen, sondern es bleibt immer viel davon ungelöst und scheinbar unverändert. Hinsichtlich der Farbe dieser Lösungen kann ich *Rosow*[1]) nicht beipflichten, der dieselbe als „dunkelkirschroth“ bezeichnet, ich habe sie immer braun gefunden, eine andere Angabe *Rosow*'s dagegen kann ich bestätigen, nämlich die, dass das Pigment sehr leicht in verdünnten Alkalien löslich wird, nachdem es längere Zeit der Einwirkung verdünnter

---

[1]) *Græfe*'s Archiv Bd. IX. Abth. III.

Salpetersäure ausgesetzt worden; es wird dabei heller, mehr in's Gelbe gehend und die Säure nimmt eine ganz leicht gelbe Farbe an, nur kann ich auch hier die von *Rosow* angegebene Farbe nicht bestätigen; denn auch diese Lösungen fand ich braun und nicht „schön violet-roth", wie *Rosow* sie findet. Nachdem eine Einwirkung des Lichtes auf das braune Pigment bekannt war, musste man auch bei dieser Veränderung desselben an eine solche denken, da *Rosow* natürlicherweise nicht angab, ob er die Einwirkung im Lichte oder im Dunkeln von Statten gehen liess. Ich hielt desshalb einen Theil des mit Salpetersäure übergossenen Pigmentes im Dunkeln, während ich einen andern der Sonne exponirte, aber die Veränderungen des Pigmentes sowie die seiner Löslichkeit in Alkalien waren in beiden Fällen ganz die gleichen. Zur Lösung des so behandelten Pigmentes eignen sich verdünnte Lösungen der Aetzalkalien, der kohlensauern Alkalien und des Ammoniaks und zwar geht sie so leicht von Statten, dass es genügt, neben einen Tropfen Wassers, in welchem solches Pigment suspendirt ist, einen Tropfen Ammoniak zu bringen, ohne dass er mit dem ersteren zusammenfliesst, um schon durch die von dem Wassertropfen absorbirten Ammoniakdämpfe das Pigment vollständig in Lösung zu bringen. Einen rothbraunen Niederschlag konnte ich aus diesen Lösungen nicht erhalten, wie ihn *Rosow* mit Säuren bekommen hat, wohl aber aus alkalischen Lösungen, die auf anderem Wege gewonnen waren und auf die ich später zu sprechen kommen werde.

Wenn in den eben geschilderten Versuchen die Wirkung der verdünnten Salpetersäure allein zugeschrieben werden muss, so gibt es doch auch Fälle, in welchen die Löslichkeit des Pigmentes vom Lichte beeinflusst wird. Am deutlichsten ist dies, wenn es von vorn herein in alkalischen Flüssigkeiten sich befindet; dass dem so ist, geht aus dem folgenden Parallelversuche hervor: von dem isolirt dargestellten Pigmente wurden kleine Mengen auf zwei

Teller gebracht und mit einer 1procentigen Pottaschelösung übergossen. Der eine Teller wurde im Dunkeln gehalten, der andere der Sonne exponirt. Nach wenigen Tagen hatte sich die Flüssigkeit in dem letzteren braun gefärbt, während in dem ersteren auch nach monatelangem Stehen nicht die geringste Färbung der Flüssigkeit zu bemerken war. Ich muss hier zurückkehren zu einer Angabe. die ich bei der Darstellung des Pigmentes gemacht habe: die verdünnte Natronlösung hatte dort etwas von dem Pigmente in Lösung gebracht; es wäre nun möglich, dass auch hier eine Einwirkung des Lichtes vorgelegen hätte, vor dessen Zugang ich, ehe ich seine Wirkung kannte, das Pigment nicht absichtlich schützte; freilich muss ich hinzufügen, dass es sicher nur in beschränktem Maasse Zutritt hatte, da ich die Teller, in denen es sich absetzte, bedeckt zu halten pflegte. Vielleicht wirkten hier noch andere, mir bis jetzt unbekannt gebliebene Einflüsse auf die Löslichkeit des Pigmentes, über die ich noch bemüht sein werde, mir Rechenschaft zu geben. Jedenfalls ist ausser dem Lichte noch ein anderer Factor von Einfluss auf die Löslichkeit des Pigmentes, nämlich die Wärme; denn es konnte gezeigt werden, dass diese auch bei Abschluss des Lichtes bei längerer Einwirkung das Pigment in schwachen Alkalien etwas löslich macht. Eine Probe wurde nämlich mit einer 1 procentigen Sodalösung in ein Glasröhrchen eingeschmolzen und 6 Stunden lang im Dunkeln im Wasserbade erhitzt; die Flüssigkeit zeigte sich schliesslich braun gefärbt, obwohl auch hier der grössere Theil des Pigmentes ungelöst blieb. Da sich also gezeigt hatte, dass die Wärme einen solchen Einfluss hat, so musste auch untersucht werden, ob nicht auch bei dem dem Lichte exponirten Pigmente die Erwärmung die Lösung zu Stande gebracht habe. Zu dem Ende wurde ein anderer in der gleichen Weise wie oben hergerichteter Teller in die Sonne gestellt, jedoch ihre Wärmewirkung durch fortwährende Berieselung mit kaltem Wasser möglichst

abzuhalten gesucht; da jedoch die Flüssigkeit in derselben Zeit sich braun färbte, so durfte auch dem Lichte allein eine Einwirkung auf die Löslichkeit des Pigmentes zugeschrieben werden.

Aus solchen Lösungen in schwachen Alkalien, die sich nicht unter dem Einflusse der Salpetersäure gebildet hatten, gelang es mir, das Pigment durch Neutralisation mit Schwefelsäure als einen braunen, sehr zarten, flockigen Niederschlag auszufällen. Mikroskopisch bestand derselbe aus hellbraunen amorphen Flocken, in denen einzelne, sehr scharf contourirte dunkelbraune Körnchen eingebettet waren, die vollkommen den amorphen Körnchen des natürlichen Pigmentes glichen. Dieser Niederschlag trat jedoch nicht immer gleich, sondern manchmal erst nach längerer Zeit, ja erst nach Tagen ein. Ich habe für diese Inconstanzen bis jetzt noch keine Erklärung gefunden, muss aber erwähnen, dass vielleicht auf ähnlichen die oben genannte Differenz zwischen *Rosow* und mir hinsichtlich des mit Hülfe der Salpetersäure in Alkalien gelösten Pigmentes beruht.

Da die Wirkung der letzteren wohl in ihren oxydirenden Eigenschaften zu suchen war und da ferner schon von *Kühne* gezeigt worden, dass der Sauerstoff einen wesentlichen Antheil hatte bei einer anderen Veränderung des Pigmentes, der Bleichung, so war zu fragen, ob nicht ähnliche Vorgänge bei seiner Löslichkeit in Betracht kämen. Um hierüber Aufschluss zu erhalten, wurde einmal noch ein anderes Oxydationsmittel angewandt, nämlich der active Sauerstoff und sodann wurde auf der andern Seite geprüft, wie sich die Löslichkeitsverhältnisse gestalteten bei Abhaltung des atmosphärischen Sauerstoffs.

Was die Wirkung des Ozons betrifft, so habe ich hinsichtlich der Löslichkeit bis jetzt nur negative Resultate erhalten. Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass etwas Pigment in wenig Wasser suspendirt und in zwei kleine Probirröhrchen vertheilt wurde; beide wurden im Dunkeln gehalten und auf den

Boden des einen ein continuirlicher Ozonstrom geleitet, der die geringe Menge Flüssigkeit in Blasen aufpeitschte, so dass eine möglichst energische Wirkung zu erwarten war. Nach halbstündigem Durchleiten jedoch war in beiden Röhrchen nicht der geringste Unterschied wahrzunehmen. Aber auch im grellen Sonnenlichte blieb der Versuch, in ganz derselben Weise und die gleiche Zeit hindurch angestellt, erfolglos. Das Wasser war nun wohl nicht die geeignetste Flüssigkeit und es wurde desshalb eine andere gewählt, von der bekannt geworden war, dass sie unter Umständen Pigment zur Lösung bringt, nämlich eine alkalische. Auch dieser Versuch wurde wieder im grellen Sonnenscheine mit zwei Röhrchen ausgeführt, in welchen das Pigment in $^1/_2$ pCt. Pottaschelösung suspendirt war. Nach Ablauf einer halben Stunde hatte das Licht allein noch nicht ausgereicht, um die Flüssigkeit zu färben, aber auch mit Hülfe des Ozonstromes war nicht die geringste Lösung zu erzielen.

Bessere Resultate gab die andere Hälfte dieser Versuchsreihe, die mit Ausschluss des Sauerstoffs angestellt wurde. Zunächst wurde hier der Einfluss der Wärme geprüft. Die Flüssigkeiten wurden mit dem suspendirten Pigmente zum Vergleiche einmal mit und einmal ohne Luft eingeschlossen; für das letztere eignete sich folgendes einfaches Verfahren: ich brachte die Proben in unten zugeschmolzene Glasröhrchen, diese wurden dann am andern Ende in ein nahezu capillares Rohr ausgezogen und die Flüssigkeiten hierauf zum Kochen erhitzt. Wenn so lange gekocht worden war, dass man annehmen konnte, dass alle Luft verdrängt war, so wurde das capillare Rohr, während ihm der Dampf entströmte, rasch zugeschmolzen, was in den meisten Fällen sehr leicht gelang. Die Flüssigkeiten, die gewählt wurden, waren Wasser und 1procnt. Sodalösung. Dass in letzterer bei dieser Procedur nichts in Lösung ging, scheint daran zu liegen, dass hierfür doch immer längeres Kochen erforderlich ist. Die Erhitzung im Wasserbade geschah

im Dunkeln von Morgens 10 Uhr bis Abends 5 Uhr. Bei der Herausnahme war in sämmtlichen Röhrchen noch ziemlich viel Pigment suspendirt und kein grosser Unterschied zu bemerken; nach dem Absitzen jedoch stellte sich ein sehr bedeutender heraus. Das Wasser, das mit Luft eingeschlossen war, war leicht gelbbraun geworden, die Sodalösung hatte sich intensiv braun gefärbt; in den Röhrchen jedoch, in denen sich keine Luft befand, waren die Flüssigkeiten vollständig farblos geblieben. Auch für den Einfluss des Lichtes konnte bezüglich der Löslichkeit ein Unterschied constatirt werden, je nachdem Sauerstoff zugegen war oder nicht, indem Wasser, welches mit Luft in einem Glasröhrchen eingeschmolzen war, nach mehrtägiger Exposition eine leichtgelbe Farbe angenommen hatte, die in einem andern Röhrchen, welches luftleer gemacht war, ausblieb. Nur bei einer $^1/_2$proc. Sodalösung fiel die Sache etwas anders aus. Ich habe diesen Versuch später noch einmal zu erwähnen, da er eigentlich in einer andern Absicht angestellt war; die Luft war hier nicht durch Auskochen, sondern durch Einleiten von Kohlensäure vertrieben, und hier hatte sich die Lösung am Lichte auch schwach bernsteingelb gefärbt. Leider konnte ich den Versuch wegen eingetretener schlechter Witterung nicht noch einmal wiederholen, was nöthig gewesen wäre, da man hier Bedenken tragen muss, ob der Sauerstoff vollständig entfernt war; ein kleiner Rest könnte die allerdings geringe Färbung der Flüssigkeit erklären. Soweit reichen meine bisherigen Beobachtungen über die Löslichkeit des Pigmentes und ich gehe nun über zu der näheren Ausführung der schon von *Kühne* gemachten Angaben über dessen Bleichung.

Zunächst habe ich noch einiges über die Bleichung des trockenen braunen Pigmentes beizufügen. Es war von Interesse zu wissen, ob die Wirkung des Lichtes auf das Pigment verschiedener Thiere eine verschiedene sei, namentlich, ob nicht das Pigment derjenigen Thiere, die auf schwächere Lichtreize angewiesen sind, also der

Nachtthiere, einen höheren Grad von Lichtempfindlichkeit besitzt. Am 29. August hatte ich zur Vergleichung Pigment vom Huhn und vom Frosch in verschiedenen Dicken auf Milchglasplatten aufgetragen und zum Theil durch Streifen schwarzen Papiers gegen die Einwirkung des Lichtes geschützt. Das Pigment des Huhns war das gleiche, welches für die bisherigen Versuche angewandt wurde, vom Frosche gab mir Herr Geh. Rath *Kühne* etwas reines Retinalpigment, welches er in der von ihm geschilderten Weise mit Gallelösung erhalten hatte. Das Auftragen auf die Glasplatte geschah mit etwas verdünnter Gummilösung. Die Exposition fand unter einem nach Süden gelegenen Oberlichte statt. Als ich mir am 16. September die Präparate zum erstenmale wieder ansah, schien an den vom Papier freigelassenen Stellen noch so wenig Bleichung eingetreten zu sein, dass ich die Papierstreifen noch nicht abnahm. An diesem Tage stand mir ein Eulenauge zu Gebote, von dem ich etwas Pigment an demselben Orte dem Lichte exponirte. Dasselbe wurde mit einem weichen Pinsel aus dem frischen Auge aufgenommen, mit verdünnter Gummilösung auf eine Milchglasplatte aufgetragen und ebenfalls zum Theil mit schwarzem Papier verdeckt. Am 22. October wurden alle drei Präparate geöffnet und ergaben folgenden Befund: Bei dem Pigment vom Frosch und vom Huhn zeigte sich kein erkennbarer Unterschied. Bei beiden war überhaupt die Differenz zwischen den belichteten und nicht belichteten Stellen eine sehr geringe. Man konnte nicht einmal mit Bestimmtheit eine scharfe Grenze angeben, welche den Rändern des Papierstreifens hätte entsprechen müssen, nur die nicht belichteten Theile der mittelstark aufgetragenen Streifen waren etwas heller. Dies Resultat erklärt sich aus dem meist trüben Wetter während der Expositionszeit. Trotz dessen war das Resultat an dem Pigmente des Eulenauges ein viel besseres. Einmal stellte sich die vom Papiere bedeckte Stelle als ein scharfes dunkles Band dar, welches auch

bis in die am dicksten aufgetragenen Lagen zu verfolgen war, sodann hatte das belichtete Pigment im Gegensatz zu dem violettbraunen Aussehen des nichtbelichteten eine mehr braungelbe Nuance. Wenn man bedenkt, dass das Eulenaugenpigment an demselben Orte wie das der andern Thiere nur kürzere Zeit dem Lichte exponirt war, so wird man nach diesem Befunde berechtigt sein, demselben eine grössere Lichtempfindlichkeit zuzuschreiben.

Eine weitere Versuchsreihe schloss sich an die von *Kühne* gemachte Beobachtung an, dass bei dem Pigment in den feuchten Präparaten, zu denen der atmosphärische Sauerstoff keinen oder wenigstens sehr beschränkten Zugang hatte, die Bleichung sehr unbedeutend ausfiel; es musste also zunächst untersucht werden, wie sich das Pigment in verschiedenen Flüssigkeiten bei Anwesenheit von Luft gegen die Sonne verhielt. Zu dem Ende wurde das Pigment mit $^1/_2$ pCt. Kochsalzlösung, 0,2 pCt. Salicylsäure, Natronlauge und 1 pCt. Sodalösung in Glasröhrchen eingeschmolzen; dabei wurde so wenig Flüssigkeit genommen, dass das meiste an der Wandung haftete und so dem Zutritte der Luft eine grosse Oberfläche geboten war. Die alkalischen Lösungen wurden ausserdem im Wasserbade solange erhitzt, bis sie eine braune Farbe angenommen hatten. Nach zweimonatlicher Exposition wurden die Röhrchen mit gleichen, im Dunkeln gehaltenen verglichen, wobei sich bedeutende Unterschiede herausstellten. Von den letzteren hatte nämlich keines die geringsten Veränderungen erlitten, während die exponirten solche, allerdings in verschiedenem Grade aufzuweisen hatten. Am wenigsten zeigte sich das Salicylsäurepräparat verändert; die Flüssigkeit war hellbraun, so dass etwas unter dem Einflusse des Lichtes in Lösung gegangen sein musste, an dem suspendirten Pigmente war keine deutliche Aenderung wahrzunehmen; in der Kochsalzlösung und in der Natronlauge dagegen war der Unterschied gegen die nicht belichteten Präparate ein sehr bedeutender, indem in beiden die suspendirten Theilchen

vollständig gebleicht waren, während die Flüssigkeiten noch eine schwach gelbe Farbe hatten. In der Sodalösung war die Veränderung nicht so auffallend; die Lösung war hellbraun geworden und die Pigmenttheilchen nicht vollständig gebleicht, wenn auch sehr deutlich abgeblasst. Ich muss dieses Resultat auf die Kleinheit des angewandten Röhrchens beziehen, in welchem offenbar nicht hinreichend Sauerstoff vorhanden war, um die völlige Bleichung zu bewerkstelligen, da eine solche erzielt wurde, als ich zu einem zweiten Versuche ein weiteres Rohr anwandte, in welchem sogar die Flüssigkeit ganz farblos wurde. Es scheint übrigens im Allgemeinen einmal gelöstes Pigment etwas schwerer zu bleichen als Pigment in Substanz. Wie in der eben mitgetheilten Versuchsreihe die Kochsalzlösung und die Natronlauge noch schwach gelb gefärbt waren, während die Pigmentkörnchen vollständig weiss geworden waren, so hatten auch in jenen Tellern, die mit $^1/_2$ pCt. Pottaschelösung der Sonne exponirt waren und in denen, wie jetzt leicht verständlich sein wird, die oben erwähnte weitere Veränderung in einem allmäligen Abblassen bestand, Wochen nicht genügt, um die Lösung vollständig zu entfärben. Da zu Anfange bei diesem Versuche zu erwarten war, dass sich immer neue Mengen von dem Pigment lösten und eine etwa eingetretene Bleichung der Lösung verdeckten, so goss ich am 4. Tage, zu welcher Zeit ungefähr dieselbe am dunkelsten war, die Lösung von einem der Teller ab, filtrirte sie und schloss einen Theil davon mit einer gehörigen Menge Luft in ein Glasrohr ein. Dem Lichte exponirt blich sie allmälig ab, behielt aber doch nach zwei Monaten noch eine hellgelbe Farbe.

Nachdem oben gezeigt worden, dass die Bleichung des Pigmentes auch im feuchten Zustande von Statten gehe, falls Luft zugegen ist, so dass auch hier oxydative Processe anzunehmen waren, war hier ebenfalls zu untersuchen, was durch kräftige Oxydationsmittel erzielt werden konnte und es wurde desshalb

wieder das Ozon gewählt. Ich habe schon oben erwähnt, dass an dem in Wasser oder $^1/_2$ pCt. Pottasche suspendirten Pigmente weder im Dunkeln noch im Hellen eine Veränderung wahrzunehmen war, und dies gilt auch hinsichtlich der Bleichung, bei alkalischer Pigmentlösung jedoch verhielt sich die Sache anders. Schon bei der Einwirkung des Ozons im Dunkeln war nach $1^1/_2$stündigem Durchleiten ein allerdings geringes, aber doch deutliches Abblassen der Farbe zu erkennen, im grellen Sonnenscheine aber war die Einwirkung des Ozonstromes in derselben Zeit eine sehr erhebliche. Ich benutzte zu dem Versuche die an der Sonne entstandene und filtrirte $^1/_2$procentige Pottaschelösung, mit der ich 3 kleine Probirröhrchen anfüllte; durch eines wurde an der Sonne ein Ozonstrom geleitet, das zweite ohne Ozon dem Lichte exponirt und das dritte im Dunkeln gehalten. Nach Beendigung des Versuchs war zwischen den beiden letzten noch kein Unterschied wahrzunehmen, in dem ersten dagegen war schon nach einer Stunde die Farbe bis auf ein ganz leichtes Gelb geschwunden, nun aber schien ein Stillstand eingetreten und die vollständige Entfärbung der Flüssigkeit konnte nicht erzielt werden.

Es blieb schliesslich noch zu untersuchen, ob beim völligen Entziehen des Sauerstoffs die Bleichung auch vollständig ausbliebe, und dies ist in der That der Fall. Ich hatte eine Serie von Glasröhrchen zwei Monate lang der Sonne exponirt, die zum Theil Luft enthielten, während diese aus andern durch Auskochen oder Durchleiten von Kohlensäure verdrängt war. Ich habe zwei dieser Präparate gelegentlich erwähnt, das eine war die mit Luft eingeschlossene Sodalösung, bei der Pigment sowohl als Lösung vollständig gebleicht waren, das andere jene Sodalösung, in welcher trotz dem Einleiten von Kohlensäure etwas von dem Pigment in Lösung gegangen war und der Flüssigkeit eine bernsteingelbe Farbe ertheilt hatte; hier muss darauf aufmerksam gemacht werden, dass die Bernsteinfarbe der Flüssigkeit sowohl wie die Farbe

des Pigmentes nach so langer Zeit vollständig erhalten waren; ebensowenig war in dem Sodapräparate, welches luftleer eingeschlossen war, die geringste Bleichung zu bemerken. Etwas geringer fiel die Bleichung desjenigen Pigmentes aus, welches in Wasser suspendirt war. Allerdings war auch hier zwischen dem luftführenden Röhrchen einerseits und dem luftleeren oder mit Kohlensäure gefüllten andererseits ein sehr bedeutender Unterschied wahrzunehmen; die beiden letzteren sahen nach der Belichtung noch genau so aus wie vorher; die Flüssigkeit war ganz farblos und das Pigment durchaus unverändert geblieben; in dem luftführenden hatte das Wasser eine ganz leicht gelbliche Farbe angenommen, das Pigment aber war, wenn auch nicht vollständig gebleicht, so doch in den grösseren Partikelchen hellbraun, in den kleineren hellgelb geworden. Endlich wurde auch von jener Pigmentlösung, welche in $^1/_2$pCt. Pottasche an der Sonne entstanden war, in ein Röhrchen eingeschlossen, aus dem die Luft durch Kohlensäure verdrängt war und auch auf diese war der weitere Einfluss der Sonne machtlos geblieben.

Da der Einfluss des Lichtes in Gemeinschaft mit dem Sauerstoff auf das braune Pigment des Auges als ein so auffälliger erkannt war, lag es nahe, auch andere Farbstoffe, denen man einen Werth für den Sehact beizulegen berechtigt ist, in ähnlicher Weise zu untersuchen. Ich habe begonnen dies für die farbigen Kugeln der Zapfen der Vogelretina auszuführen und hatte die Freude, gleich beim ersten Versuche einen solchen Einfluss constatiren zu können. Eine Taubenretina wurde herauspräparirt und in Streifen zerschnitten, derart, dass jeder Streifen eine gelbe und eine rothe Hälfte hatte; dieselben wurden sodann auf Deckgläschen ausgebreitet und antrocknen gelassen. Diese Deckgläschen wurden nun auf einem Wattepolster in Glasröhrchen eingeschoben, von denen das eine sofort, das andere erst nach dem Durchleiten eines kräftigen Kohlensäurestromes zugeschmolzen

worden und beide hierauf dem Lichte exponirt. Schon nach zwei Tagen war die mit Luft eingeschlossene Retina in ihren gelben sowohl als ihren rothen Partien fast vollständig entfärbt, während an der in Kohlensäure befindlichen keine Spur von Bleichung wahrgenommen werden konnte. Ich hoffe in einer späteren Mittheilung noch weitere Angaben über diesen Gegenstand, sowie auch über das braune Pigment des Auges geben zu können.

Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefässen der Evertebraten.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Eine einheitliche oder diffuse Drüsenmasse besorgt bei Arthropoden, Mollusken und Würmern die Production aller erforderlichen Verdauungsenzyme und versieht ausserdem vielleicht auch eine excretorische Thätigkeit[1]). Alle Modificationen, welche die Verdauungsvorgänge in dem Thierreiche erfahren können, liessen sich voraussichtlich auf diese Functionscombination zurückführen.

Ich vermuthete, dass die Summe der Leistungen jenes enzymbildenden Organes, der sogenannten Leber, welche in einigen Klassen der Mollusken und Arthropoden am bedeutendsten zu sein schien, bei niederen Thierformen durch den Ausfall dieser oder jener Function sich vermindere, dass sie bei höhern Typen auf mehrere Organe sich vertheile. Schon verhältnissmässig hoch organisirten Formen[2]) schienen nothwendige Verdauungsenzyme vollständig zu fehlen, und die Vermuthung lag nicht fern, dass bei diesen Thieren zur Zeit unbekannte Verhältnisse chemischer oder physikalischer Art die Enzyme entbehrlich machen.

Die Ausdehnung meiner Versuche auf weitere Arten und Classen der Wirbellosen hat aber wider Erwarten zu dem Er-

---

[1]) Vergleichend physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg, Bd. II. S. 1—45.

[2]) Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung etc. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band I. S. 337.

gebnisse geführt, dass die Enzyme auch sehr niedrig organisirten Lebewesen nicht nothwendig fehlen, während eine Ausscheidung enzymatischer Secrete im Dienste der Verdauung bei vielen Evertebraten allerdings nicht nachzuweisen ist.

Die fundamentale Frage, ob die enzymatischen Verdauungsvorgänge bei den höhern Thieren auf das Verdauungsrohr in ihrem Vorkommen beschränkt sind, oder ob auch in den Körpergeweben selbst die resorbirten Stoffe eine weitere Spaltung durch Enzyme erfahren, ist erst durch *Kühne*'s Untersuchungen [1]) ihrer Lösung entgegengeführt. Während schon früher *Brücke* Pepsin in Muskeln und Harn nachweisen konnte, ergaben *Kühne*'s zahlreiche Versuche, dass das Pepsin wie das diastatische Enzym sich keineswegs nur in dem Verdauungsapparate finden, dass das Trypsin aber in den Körpergeweben und Körpersäften ausserhalb des Darmes vermisst wird. Nach diesen Befunden wird die Annahme berechtigt erscheinen, dass bei den höhern Vertebratenformen, wo das Blut, die Lymphe und die Gewebssäfte eine alkalische Reaction besitzen, die enzymatischen Verdauungsvorgänge an Eiweissstoffen wenigstens unter normalen Verhältnissen auf den Darmtractus in ihrem Vorkommen beschränkt sind.

In dem Gewebe der Spongien findet sich wie bei Aethalium septicum [2]) ein peptisches Enzym, aber von wesentlich andern Eigenschaften als das der Myxomyceten. Es kamen Suberites domuncula, Chondrosia reniformis, Geodia gigas und Hircinia variabilis zur Untersuchung [3]); die Glycerinauszüge zeigten bei allen Arten in Lösungen der verschiedenen Säu-

---

[1]) *W. Kühne*, Ueber die Verbreitung einiger Enzyme im Thierkörper. Verhandl. d. naturh.-medic. Vereins zu Heidelberg. N. F. Band II. Heft 1.

[2]) Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten und im Eidotter vom Huhne. Untersuchungen a. d. physiol. Institute zu Heidelberg. Band II. Heft 3. S. 273.

[3]) Ueber die Ausführung meiner Versuche sei Folgendes bemerkt: Das Untersuchungsmaterial wurde von mir selbst im März und April d. J.

ren ein gleiches Verhalten, welches aus der zugehörigen Tafel ersichtlich ist. Gekochtes Fibrin liess sich aber durch das Schwammpepsin nicht verdauen, und die Rapidität der Wirkung auf rohes macht es zweifelhaft, ob dieses negative Resultat nur auf einen geringen Enzymgehalt des Schwammgewebes zurückzuführen ist. Die Oxalsäure, in schwachen Lösungen, wie jede andre der versuchten Säuren, die verdauende Wirkung des Schwammpepsins ermöglichend, wirkt bei stärkerer Concentration (2—4 pCt.)

---

in Triest zubereitet und theils in Glycerin, theils in absolutem Alkohol, welcher anfangs mehreremale erneuert wurde, aufbewahrt. Die Versuche mit den Verdauungssäften wurden in Triest angestellt; die Versuche mit den Organauszügen und die mikroskopischen Beobachtungen, welche nur den Zweck verfolgten, die An- oder Abwesenheit von Drüsen darzuthun, an den mitgebrachten Alkoholpräparaten im physiologischen Institute zu Heidelberg.

Controlversuche, ausgeführt mit den gekochten Extracten und der nämlichen Zusatzflüssigkeit, begleiteten sowohl die fibrinverdauenden als die die Stärke saccharificirenden Versuche. Nur einige Bestimmungen, bei denen Weinsäure als Zusatz diente, konnten wegen Mangel an Material nicht in dieser Weise controlirt werden; doch dürften hierdurch die Resultate kaum beeinflusst werden.

Die Versuche über die Fibrinverdauung wurden bei einer Temperatur von 36—40° C. ausgeführt. Die Digestion währte nur (in den im Text besonders angegebenen Fällen) ausnahmsweise länger als 48 Stunden; für gewöhnlich genügten, wenn überhaupt eine fibrinverdauende Wirkung des Organauszuges vorhanden war, wenige Stunden, um ein positives Resultat zu erzielen.

Zu den Versuchen, welche über das Vorkommen von Diastase entscheiden sollten, dienten die durch Dialyse gereinigten Auszüge; doch braucht kaum bemerkt zu werden, dass vorher mit den directen, nicht der Dialyse unterworfenen Auszügen experimentirt, und das Ergebniss für entscheidend angesehen wurde, wenn dasselbe ein constantes war, und der Controlversuch dessen Richtigkeit ausser Frage stellte. Die diastasische Wirkung wurde an gekochter Stärke nach einer 2—3stündigen Digestion bei 38—40° C. und die Saccharification durch die *Trommer*'sche, bei einem negativen Ergebnisse ausserdem noch mit der *Böttcher*'schen Probe geprüft.

Alle im Text referirten Versuche wurden mehrfach von mir ausgeführt, oft mit verschiedenen Extracten (Glycerin-, wässeriger-, Säureauszug) und mit den Organen von verschiedenen Individuen. Das gilt besonders von den untersuchten Echinodermen, welche mir in grosser Menge zur Verfügung standen.

der Lösung zerstörend auf das Enzym. Die zur Erhärtung dieses Satzes angestellten Versuchsreihen sind dieselben, welche bei dem Conchopepsin zu dem gleichen Resultate führten[1]), und auf welche ich wohl verweisen darf. Ein diastatisches Enzym[2]) konnte ich in den durch Dialyse im fliessenden Wasser von den die Zuckerprobe sehr beeinträchtigenden Pigmenten und Peptonen befreiten Glycerinauszügen des Spongiengewebes bei Hircinia variabilis[3]) und Chondrosia reniformis nachweisen, während ein solches bei Suberites domuncula vermisst wurde.

Presste ich die Schwämme mit der Hand stark aus, sodass ich erwarten durfte, den Inhalt der sogenannten Gastrovascularräume ziemlich vollständig ausgedrückt zu haben, so bekam ich eine neutrale Flüssigkeit, welche sich beim Kochen und auf Zu-

---

[1]) Vergleichend-physiolog. Beiträge z. Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Unters. a. d. physiol. Institut d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 11 ff.

[2]) Das Vorkommen der Diastase neben Pepsin und selbst, wie es am prägnantesten beim Flusskrebs zu demonstriren ist, in sauren Secreten veranlasste mich, auch einige Versuche darüber anzustellen, ob das diastatische Enzym in diesem Vorkommen eine gewisse Immunität gegen verdünnte Säuren besitzt, in welchen die Diastase des Speichels und des Pankreas auf gekochte Stärke unwirksam ist. Diese Versuche habe ich ausser mit dem Glycerinauszuge von Hircinia variabilis noch mit dem wässerigen Extracte der Leber von Astacus fluviatilis ausgeführt und mich überzeugt, dass sich auch die Diastase dieser Thiere in 0.1 pCt. HCl als vollkommen unwirksam erweist; in dem zwar auch constant deutlich sauren Lebersecrete vermag sie beim Krebse aber sehr wohl gekochte Stärke in wenigen Minuten zu saccharificiren. In Milchsäurelösungen von 0.5—2 pCt., in Weinsäure von 1 pCt. und in Essigsäure von 0.5 pCt. hatte weder das diastatische Enzym von Hircinia variabilis noch das aus der Astacusleber seine Wirkung auf gekochte Stärke eingebüsst.

[3]) Nicht ohne Interesse dürfte die ausgezeichnete Fluorescenz sein, welche das Glycerinextract von Hircinia variabilis besonders im grünen Lichte zeigt. Im Spectrum dieses Auszuges erscheint (bei einer Verdunklung bis dicht vor a und am violetten Ende schwach zunehmend von F bis G) dicht hinter D ein tief dunkles Absorptionsband. Ein schwächer markirter Streifen findet sich unmittelbar vor F. Mit zunehmender Concentration der Lösung erfolgt vom violetten Ende her eine Verdunklung des Spectrums bis D, während die Absorptionsgrenze vor a constant bleibt.

satz von Salzsäure oder Essigsäure nicht trübte. Kalilauge rief in derselben einen weissen Niederschlag hervor, welcher sich beim Glühen nicht schwärzte und also nur aus anorganischen Stoffen bestand. Ebensowenig gelang mir mittelst Natronlauge und Kupfervitriol die Pepton- oder Eiweissreaction, und eine eiweissverdauende Wirkung in 0.1 procentiger HCl, 2 procentiger Essigsäure oder 2 procentiger Sodalösung war gleichfalls nicht zu erzielen. Es verhielt sich der Presssaft aus den Schwämmen wie Meerwasser, und alle Versuche, einen experimentellen Anhalt für die Production von Verdauungssäften zu gewinnen, blieben bei den Spongien ebenso erfolglos wie bei den Actinien, Acalephen und Alcyonien. Unter anderm habe ich mit einer feinen Pipette den flüssigen Inhalt des cölenterischen Raumes einer lebenden Aurelia aurita gesammelt und finde denselben wie den 2 procentigen Soda- oder 0.1 procentigen HCl-Auszug eines Ballens von Filtrirpapier, welcher in diesem Raume etwa 40 Stunden verweilt hatte, nach 4 Tagen ohne jede eiweissverdauende Wirkung, sowohl in saurer (0.1 procentiger HCl, 2 procentiger Essigsäure) als in alkalischer (2 procentiger Soda-)Lösung. Auch in den Gastrovascularraum einer lebenden, grossen Aurelia aurita gebrachtes rohes Fibrin war nach 24 Stunden noch sichtlich unverändert.

Die meinen Resultaten scheinbar widersprechenden Angaben, denen zu Folge Fische wie Crustaceen von mehr als Zolllänge, trotzdem sie zum Theil aus der Mundöffnung hervorragten, bis auf das Skelet in den Magensäcken der Cölenteraten vollständig verdaut waren [1]), finden in einer eingetretenen Selbstverdauung

---

[1]) Derartige Beobachtungen können für eine Production von Verdauungssecreten selbstverständlich nichts beweisen, weil die Organismen, welche man von den Cölenteraten aufgenommen sah, in ihrem Körper selbst reichlich Verdauungsenzyme enthalten, mittelst deren ihre Leibessubstanz ebenso vollständig als durch secundär hinzugemischte verdaut werden kann. Cf. z. B. *Bronn* (Klassen und Ordnungen des Thierreiches. Bd. II. 1860. S. 106) über Physalia.

des Aufgenommenen ihre Erklärung, und die oft constatirte Thatsache, dass Quallen von andern Quallenarten gefressen werden, wird auf Resorption beruhen und nicht die Folge einer enzymatischen Verdauung sein. In Erwägung der Thatsachen, dass z. B. bei Rhizostomum Cuvieri die Mundöffnung nur in der Jugend vorhanden, später zugewachsen ist, und dann die Aufnahme der Nahrung durch Saugröhren, ähnlich wie bei den Acineten erfolgt, dass die weite Mundöffnung bei anderen Cölenteraten und der Wasserstrom, welcher die cölenterischen Räume der Spongien durchspült, eine ausgiebigere Secretproduction sehr wenig nutzbringend erscheinen lassen, wird die Möglichkeit am meisten für sich haben, auf welche mich Herr Geh. Rath *Kühne* aufmerksam machte, dass viele Cölenteraten auf die Enzyme ihrer Beute angewiesen sind, und dass mittelst dieser vorzugsweise die Verflüssigung der Nahrung in den cölenterischen Räumen dieser Thiere erfolgt. Das Körpergewebe ist aber wenigstens bei einigen Arten unter den höheren Cölenteraten nicht weniger mit Enzymen geschwängert, als das der Spongien.

So finde ich z. B. bei Anthea viridis einen bemerkenswerthen Enzymgehalt in den verschiedensten Organen, und merkwürdigerweise sind die enzymatischen Eigenschaften der Auszüge von den Septen und Tentakeln andere, als die des Auszuges von den halskrausenartigen Geschlechtsdrüsen. Das Glycerinextract von den Septen des cölenterischen Raumes besass keine eiweissverdauende Wirkung in neutraler wässriger und 2procentiger Sodalösung; wohl aber wirkte es in 1—2 Stunden auf rohes Fibrin in 0.1—0.2 pCt. HCl, 1—4 pCt. Weinsäure und 0.5—4.0 pCt. Milchsäure verdauend ein; ein negatives Resultat ergab sich zwar auch in den Oxalsäure- (0.5—4 pCt.) und Essigsäure- (1 pCt.) haltigen Lösungen. Ebenso unwirksam in alkalischer und neutraler Flüssigkeit erwies sich das Enzym der Tentakeln, welches nicht weniger rasch in 0.2 procentiger HCl rohes Fibrin verdaute.

Unter den Verdauungsproducten befanden sich reichlich Peptone, nachweisbar in dem Dialysate durch das *Millon*'sche Reagens sowie durch Natronlauge und Kupfervitriol, und in der verdauten Flüssigkeit entstand ein starker Neutralisationsniederschlag.

Die Geschlechtsdrüsen von Anthea enthielten, wie analoge Verdauungsversuche mit den Glycerinauszügen ergaben, von Enzymen dieser Art nichts; sie enthielten aber ein tryptisches Enzym, welches rohes (kein gekochtes) Fibrin unter Bildung von Peptonen in einer 2procentigen Sodalösung und in Wasser bei neutraler Reaction in etwa 4 Stunden verdaute. Diastase war bei Anthea in keinem dieser Auszüge auch ohne vorhergegangene Dialyse durch eine saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke nachzuweisen.

Bei Alcyonium palmatum gelang die Extraction von eiweissverdauenden oder gekochte Stärke diastatisch verändernden Enzymen durch eine Behandlung des lebenden Gewebes aus dem Cönenchym wie einer grossen Anzahl aus dem gemeinsamen Stamme herausgedrückter Einzelpolypen mit Säure (0.2 pCt. HCl), Sodalösung (2 pCt.), Wasser oder Glycerin nicht. Der Presssaft aus den Geweben (auf einen Gehalt von 2 pCt. Essigsäure, 0.2 pCt. Soda gebracht) war ebenfalls in saurer und alkalischer Lösung dem rohen Fibrin gegenüber unwirksam.

Allen Vermuthungen über eine functionelle Bedeutung dieser Enzyme in den Geweben der Cölenteraten fehlt eine sichere Grundlage. Meine Untersuchungen beweisen zur Zeit nur, dass die Enzymproduction bei diesem Evertebratentypus keineswegs in der Weise localisirt und der Darmverdauung nutzbar gemacht ist, wie bei Arthropoden und Mollusken. Zwischen den letztgenannten Typen der Wirbellosen und den Cölenteraten bilden die Verhältnisse, welche ich bei den Echinodermen antreffe, ein ausgezeichnetes Bindeglied.

Bei Synapta digitata, an deren Darm ebenfalls

Baur [1]) keine Drüsen bemerken konnte, gelang mir weder durch die wässerige noch durch die Glycerinextraction die Gewinnung eines in saurer oder alkalischer Lösung rohes Fibrin verdauenden Enzymes. Diastase war durch die saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke in dem durch Dialyse gereinigten Darmglycerinauszuge nachzuweisen.

Der flüssige und neutrale Darminhalt von Holothuria tubulosa verdaute grosse Mengen rohen Fibrins unter Bildung von Peptonen in wenigen Stunden. Merkwürdig ist es desshalb, dass mir eine Enzymgewinnung aus dem gereinigten Darme der Holothuria nicht gelang, obgleich zur Glycerinextraction der ganze Darm von 7 grossen Exemplaren Verwendung fand. Weder in Essigsäure, Weinsäure und Salzsäure verschiedener Concentrationen noch in 2procentiger Sodalösung liess sich eine Wirkung auf rohes Fibrin bei 20—40° C. erkennen, und diastatisch wurde gekochte Stärke durch den Glycerinauszug nicht verändert. Die mikroskopische Untersuchung von Schnitten aus dem Anfangs-, Mittel- und Endtheile des Darmes lieferte gleichfalls keine Beweise für das Vorhandensein secretorischer Organe in dem Darmrohre. Ebenso führten alle Versuche, aus den *Poli*'schen Blasen, den *Cuvier*'schen Organen, den Wasserlungen, dem Blute der Holothuria Enzyme zu extrahiren, nur zu negativen Resultaten, und es muss desshalb zweifelhaft erscheinen, ob das tryptische Enzym im Darminhalte der Holothuria aus der aufgenommenen Nahrung stammt, oder ob die Enzymbildung langsam und die Ausscheidung der Secrete so rasch erfolgt, dass in den secretorischen Bezirken nur höchst geringe Mengen davon vorhanden sind, oder ob bei einer bedeutenderen enzymatischen Secretproduction die Enzyme aus den Geweben durch die angewandten Extractionsmittel nicht in Lösung zu bringen sind. Letzterer Ueberlegung

---

[1]) *A. Baur*, Beiträge z. Naturgeschichte der Synapta digitata. Erste Abhandlung. Zur Anatomie der Synapta digitata. Dresden 1854, S. 27.

stehen erhebliche Bedenken entgegen, welche sich bei nahe verwandten Arten (Cucumaria Planci) offenbaren. Aber auch bei Holothuria tubulosa findet sich in einem extraintestinalen Organe reichlich Pepsin. Die linke Hälfte der Wasserlungen wird bekanntlich bei den Aspidochiroten von einem Blutgefässnetz innig umsponnen, und das Glycerinextract dieses Geflechtes enthält ein peptisches, kein in 2procentiger Sodalösung Eiweissstoffe verdauendes tryptisches Enzym und keine Diastase. Das peptische Enzym verdaut rohes Fibrin in 0.2 pCt. HCl, 0.4—4 pCt. Milchsäure, 0.5—2 pCt. Essigsäure, 4 pCt. Weinsäure und ist auch nicht ganz unwirksam in 0.5procentiger Oxalsäure; in 4procentiger Oxalsäurelösung wurde das Fibrin aber nicht mehr peptisch verändert [1]). Im Verlaufe einer Stunde wurde rohes Fibrin in 0.2procentiger HCl regelmässig verdaut.

Dass dieses Pepsin nicht von dem Darme aus resorbirt worden ist, wird damit verbürgt, dass das ganze Darmrohr stets enzymfrei gefunden wurde. Die Blutgefässe müssen an dieser Stelle drüsige Elemente enthalten, welche die Enzymproduction selbst besorgen. Das Glycerinextract und der Inhalt der Darmgefässe von Holothuria tubulosa besitzt in sauren (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure) Lösungen keine verdauende Wirkung auf rohes Fibrin; die Enzyme gelangen demnach aus den Blutgefässdrüsen auf secretorischem Wege nicht in das schleimige Blut. Die functionelle Bedeutung des peptischen Enzymes in dem Geflechte, welches bei der Holothuria die Blutgefässe mit der einen Wasserlunge bilden, ist ebenso unverständlich wie das Vorkommen des Pepsins im Körpergewebe der Spongien und Cö-

---

[1]) Diese Verhältnisse schon ahnend, bemerkt *C. Semper* (Reisen im Archipel der Philippinen. Zweiter Theil. Bd. I. Holothurien. 1868, S. 101) Folgendes: „Besondere drüsige, der Leber etc. zu vergleichende Organe fehlen den Holothurien gänzlich; dagegen treten die Wassergefässe sowohl wie die Blutgefässe in eigenthümliche Verbindung mit bestimmten Theilen des Darmes.

lenteraten. Ich hatte während meines Triestiner Aufenthalts versäumt, die Reaction des Blutes bei den Holothurien zu prüfen. Herr Dr. *E. Græffe*, welchem ich in so vielfacher Weise zum Danke verpflichtet bin, hat die Güte gehabt, dieselbe festzustellen. Er findet sie einer brieflichen Mittheilung nach bei Holothuria tubulosa meist neutral, doch scheint das Blut unter Umständen auch eine schwach saure Beschaffenheit annehmen zu können, und dadurch würde die Bedingung erfüllt sein, welche das peptische Enzym wirkungsfähig werden lässt.

Während bei Holothuria tubulosa kein den Mollusken- und Arthropodenlebern functionell gleichwerthiges Organ nachzuweisen war, ist ein solches bei Cucumaria Planci in den vordern, dunkelgelben, langen Darmanhängen gegeben. Das Glycerinextract dieser Schläuche verdaute rohes (kein gekochtes) Fibrin in neutraler, alkalischer (2procentiger Sodalösung) und saurer (0.2procentiger HCl, 0.5procentiger Oxalsäure, 1.0—4.0procentiger Weinsäure und 0.5—4.0procentiger Essigsäure) Lösung bei 40° C. im Laufe von 2—3 Stunden. Aus den Wasserlungen, den *Poli*'schen Blasen und den *Cuvier*'schen Organen konnten auch bei Cucumaria durch Glycerinextraction keine enzymatische Flüssigkeiten erhalten werden; weder gelang mit diesen Auszügen die Saccharificirung gekochter Stärke, noch die Verdauung rohen Fibrins in saurer oder alkalischer Lösung.

Die dottergelben Darmanhänge der Cucumaria finden ein vollständiges Analogon in den Lebern der Asteriden. Der wässrige — wie der Glycerinauszug aus den Seesternlebern, den sogenannten Radialanhängen des Darmes, übte eine peptische und tryptische Wirkung auf rohes Fibrin aus und saccharificirte wie das Glycerinextract der Cucumarialebern gekochte Stärke. Meine Untersuchungen wurden ausgeführt an Astropecten aurantiacus und an Asteracanthion glacialis. Aus den Lebern beider Seesterne ließen sich dieselben Enzyme gewinnen,

welche bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten die gleichen Eigenschaften äusserten. Ich erhielt eine fibrinverdauende Wirkung in thymolisirter 2procentiger Soda- und in thymolisirter neutraler, wässriger Lösung (tryptisches Enzym), in 0.5—4.0procentiger Weinsäure (in der 4procentigen und 1procentigen Lösung war das Fibrin bereits nach einer halben Stunde verdaut, während die Verdauung in 0.5procentiger Weinsäure einige Stunden erforderte), 0.5—4.0procentiger Milchsäure, 0.2procentiger HCl und in 1—4procentiger Essigsäure, während die Wirkung in 0.5procentiger Essigsäure und 0.5—1.0procentiger Oxalsäure äusserst gering war. In der thymolisirten Sodalösung wurde von dem tryptischen Enzyme unter Bildung von Peptonen auch gekochtes Fibrin verdaut: eine Eigenschaft, welche meinen Untersuchungen zufolge dem Molluskentrypsin fehlt. Eine Verdauung von gekochtem Fibrin bei Säurezusatz liess sich nicht erzielen.

Trotzdem bei den Seesternen wohlentwickelte Drüsenmassen alle für die Verdauung nothwendigen Enzyme liefern, ist die Localisation der Enzymbildung doch auch hier keine vollständige. Das Glycerinextract wie der wässrige Auszug der sogenannten *Tiedemann*'schen Körperchen enthalten dasselbe peptische Enzym wie die Asteridenlebern, während das tryptische in diesen Drüsen fehlt. Die Möglichkeit, dass das in diesen Drüsen nachweisbare Pepsin vom Magen aus resorbirt wurde, ist meiner Ansicht nach durch das Fehlen des tryptischen Enzymes in den *Tiedemann*'schen Körperchen ausgeschlossen. Durch die alkalische Leibesflüssigkeit würde das Pepsin sicherlich auch viel eher zerstört worden sein als das tryptische Enzym, an welchem das Lebersecret der Asteriden viel reicher ist als an Pepsin. Sehr reich an Diastase waren die *Tiedemann*'schen Körperchen von Astropecten aurantiacus; sie konnte in dem Glycerinauszuge von nur vier dieser Drüschen nach der mehrfach von

mir beschriebenen [1]) Methode leicht nachgewiesen werden. Aus dem in fliessendem Wasser längere Zeit ausgewaschenen Darme von Astropecten war ebenfalls durch Glycerin ein peptisches Enzym zu gewinnen, welches in Milchsäure (0.5—4 pCt.), Weinsäure (1—4 pCt.), Essigsäure (0.5—2 pCt.) und in 0.2 procentiger Salzsäure Flocken rohen Fibrins in wenigen Stunden vollständig verdaute. Der Beweis für das Vorkommen zweier eiweissverdauender Enzyme (eines tryptischen und eines peptischen) in den Asteridenlebern wurde in derselben Weise geführt, wie für die Lebern von Astacus fluviatilis, den Cephalopoden und Limaciden. Auch dieses Pepsin wird durch eine eintägige Digestion mit einer 0.2 procentigen Sodalösung zerstört und ebenso das tryptische durch Digestion mit einer 0.2 procentigen HCl. Entfernt man die Zusatzflüssigkeiten nach genügender Einwirkung auf dialytischem Wege, so erhält man enzymatische Lösungen, frei von peptischen Eigenschaften in 0.2 procentiger HCl und in organischen Säuren von höherer Concentration resp. tryptisch unwirksame Flüssigkeiten ohne fibrinverdauende Eigenschaften in 2 procentiger Soda oder bei neutraler Reaction.

Von den Echiniden gelangten Toxopneustes lividus [2]) und brevispinosus lebend und in hinreichender Menge zur Untersuchung. Der im Darme angesammelte Verdauungssaft, ohne ausgeprägte saure oder alkalische Reaction, verdaute rohes Fibrin in alkalischer (2 pCt. Soda) und saurer (0.2 pCt. HCl) Lösung in 2—3 Stunden. Mittelst der Darmglycerinauszüge beider Toxopneustesarten wurden die Eigenschaften bei Zusatz von organischen Säuren ermittelt, welche wesentlich mit denen des pep-

[1]) l. c. S. 43.

[2]) Der alkalische Auszug des intensiv roth gefärbten Darmes von Toxopneustes lividus zeigt bei einer Verdunkelung der Enden des Spectrums bis vor a resp. bis zwischen E und D einen deutlichen Absorptionsstreifen dicht hinter a, der Lage nach identisch mit dem des alkoholischen Extractes von Comatula mediterranea.

tischen Enzymes bei den Asteriden übereinstimmen und in der Tabelle verzeichnet sind. Diastase war in den Darmglycerinauszügen beider Arten nachweisbar.

Bei den Echiniden dürfte somit die Existenz einer Darmsecretion nachgewiesen sein, da das Glycerinextract stets von wohl gereinigten Därmen angefertigt wurde, und die Eigenschaften desselben die nämlichen sind als die des natürlichen Verdauungssaftes. Dieses Ergebniss ohne Weiteres auf die Holothurien, deren Darmgewebe von mir enzymfrei gefunden wurde, zu übertragen, muss als unzulässig gelten; weitere ausgedehnte Versuchsreihen mit dem Darme der Holothurien lassen die erkannten Verhältnisse bei den Echiniden aber sehr wünschenswerth erscheinen.

Ist nach den mitgetheilten Ergebnissen eine nachträgliche Verdauung des Resorbirten in den Gefäßdrüsen und andern extraintestinalen Organen bei den niedern Evertebraten nicht ganz unmöglich, so fehlt bei den Würmern, Arthropoden und Mollusken jeder experimentelle Nachweis einer weitern enzymatischen Veränderung des Aufgenommenen, speciell der Eiweisssubstanzen, ausserhalb des Verdauungsapparates.

Bei einigen Vertretern der verschiedenen höheren Evertebratenklassen [1]) findet sich aber eine Einrichtung des Verdauungsapparates so seltsam und abweichend von allem sonst Bekannten, dass sie hier nicht unerörtert gelassen werden darf. Es sind dies Erweiterungen der Lebergänge, beträchtlich genug, um den Chymus aus dem Darmrohre in sie eintreten zu lassen. Doch werden da, wo die Gallensecretion eine stetige ist, oder wo

[1]) Darmanhänge dieser Art finden sich unter den Würmern z. B. bei Planarien und Trematoden; bei den Aeolidiern unter den Mollusken, und bei den Araneinen und Pycnogoniden unter den Arthropoden (cf. F. *Plateau*, Recherches sur la structure de l'appareil digestif et sur les phénomènes de la digestion chez les Aranéides dipneumones. Bruxelles. 1877. p. 98).

Sphincteren den Lebergang am intestinalen Ende verschliessen können, dem Eintreten von Nahrungsstoffen unüberwindliche Schwierigkeiten erwachsen. Die letzteren Factoren sind in der umfangreichen Literatur über den Phlebenterismus nicht genügend berücksichtigt, und es ist desshalb eine kurze Auseinandersetzung dieser Verhältnisse hier erforderlich.

Lässt sich nachweisen, dass der Speisebrei in die erweiterten Lebergänge eintritt, dass in ihnen noch verdaut und resorbirt wird, dann bediene ich mich der Bezeichnung: Canales hepato-intestinales [1]). Diese Gebilde deuten wohl am sichersten auf eine gegenseitige functionelle Beziehung zwischen der Darm- und Gefässentfaltung hin.

Dass in die Darmanhänge der Aeolidier Nahrung gelangt, dass in ihnen wie im Darmrohre verdaut wird, ist durch die Beobachtungen von *H. Milne-Edwards*, *Quatrefages*, *Hancock* und *Embleton*, *Alder* und *Nordmann*, *Bergh* u. A. festgestellt. Dass bei den Wirbellosen, welchen diese Einrichtung zukommt, das Körperparenchym mehr im Chylus als in einer dem Blute ähnlicheren Flüssigkeit gebadet wird, dass die Circulation der Nahrungssäfte der Resorption gegenüber zurücktreten muss, ergibt sich aus den anatomischen Befunden von selbst, und dass in diese Blindsäcke enzymatische Secrete ergossen werden, ist mir durch die Extraction eines peptischen Enzymes aus diesen Organen einiger unbestimmbarer Aeolisarten in Triest nachzuweisen gelungen. Die abgelösten Papillen (cf. *R. Bergh*, Malakolog. Unters., I. Hälfte 1870—1875, S. 5) wurden mit Glycerin verrieben und so ein Filtrat erhalten, welches in 2procentiger Essigsäure, 1- und 4procentiger Milchsäure, 0.2procentiger Salz-

---

[1]) Die Bezeichnungen: canaux gastro-hépatiques und appareil gastro-vasculaire, welche *H. Milne-Edwards* vorgeschlagen hat, drücken, wie sich aus dem Folgenden ergeben wird, die Functionen dieser Gebilde nicht richtig aus.

säure und in 4procentiger Weinsäure rohes Fibrin unter Bildung von Peptonen in 2—3 Stunden verdaute; in 2procentiger Sodalösung war dieser Auszug nach zwei Tagen ohne fibrinverdauende Eigenschaften, und gekochte Stärke wurde während drei Stunden bei 40° C. von ihm nicht in Zucker verwandelt.

Der Hepato-Intestinalapparat der Aeolidier erinnert äusserlich sehr an die cölenterischen Räume der Acalephen und an die Leberblasen der Aphroditen, mit welchen er nicht selten functionell verglichen ist. Berechtigt ist dieser Vergleich ohne eine experimentelle Begründung nicht; meine Versuche, die ersten, welche in dieser Hinsicht angestellt wurden, führen vielmehr zu ganz anderen Schlussfolgerungen.

Es sei zuerst darauf hingewiesen, dass ein Magen, wie er bei den Vertebraten existirt, d. h. ein Verdauungsraum, welcher seine specifischen Enzyme besitzt (mögen dieselben von mehr oralwärts gelegenen Bezirken [1]) oder von eigenen Magendrüsen geliefert werden), bei den Wirbellosen nicht nachgewiesen ist. Alle Forscher, welche über diesen Punkt experimentelle Erfahrungen gesammelt haben, sind von der Richtigkeit dieses Satzes überzeugt. Was die vergleichenden Anatomen bei Mollusken, Arthropoden und Würmern „Mägen" nennen, sind einfache Darmerweiterungen und kein triftiger Grund ist jemals vorgebracht [2]), welcher diese Bezeichnung rechtfertigen könnte. Es scheint nach meinen Untersuchungen ein wesentlich functioneller Unterschied zwischen den Verdauungsräumen der höhern Everte-

[1]) Cf. *H. von Swięcicki*, Untersuchung über die Bildung und Ausscheidung des Pepsins bei den Batrachiern. *Pflüger*'s Archiv. Band XIII. S. 444.

[2]) Nach *Keferstein* (*Bronn*, Klassen und Ordnungen des Thierreichs. Band III. 2. Abtheilung 1862—1866. S. 9, 54) ist für die Bezeichnung einer Darmerweiterung — wie sie besonders bei den Mollusken in sehr wechselnden Formen nicht nur bei nahestehenden Arten, sondern auch bei ein und derselben Species (Pleurobranchus) vorkommen — als Magen

braten und den cölenterischen Räumen der Cölenteraten zu bestehen. Bei den ersteren findet unzweifelhaft die Verdauung mittelst selbst producirter, enzymatischer Secrete statt, was sich für die Cölenteraten keineswegs behaupten lässt, weil die in dieser Hinsicht angestellten Versuchsreihen nur zu negativen Ergebnissen führten [1]). Findet aber kein Secreterguss in die cölenterischen Räume statt, so wird man die mehr der Resorption und Irrigation des Körpergewebes dienenden Ramificationen derselben kaum den Hepato-Intestinalcanälen der Aeolidier vergleichen können. Bevor der Beweis für eine Enzymsecretion bei den Cölenteraten nicht erbracht ist, wird man desshalb zweckmässig auf diesen Vergleich verzichten.

Die Canales hepato-intestinales der Aeolidier sind also, wie sich aus dem Vorhergehenden ergibt, gefässartige Erweiterungen der verdauenden Cavität selbst; in sie gelangen enzymatische Secrete, in ihnen wird verdaut, in ihnen wird sicherlich auch resorbirt. Ganz abweichend davon sind die Verhältnisse bei den Aphroditen [2]). In den sog. verzweigten Cöcal-

---

die Mündungsstelle der Gallengänge massgebend. Da das Lebersecret sich aber sowohl oral- wie analwärts im Darmrohre vertheilt, und mittelst desselben, soviel bekannt ist, die Verdauung ausschliesslich erfolgt, bietet auch die Insertion der Gallengänge keinen Anhalt für diese rein functionelle Bezeichnung.

[1]) Cf. auch *G. H. Lewes*, Naturstudien am Seestrande. Berlin. 1859. S. 206 ff.

[2]) *Siebold*, *Milne Edwards* und *Gegenbaur* halten in ihren anatomischen Handbüchern die Auffassung fest, welche auch *Ehlers* (die Borstenwürmer, Leipzig 1864—1868, S. 26) adoptirt zu haben scheint, dass die Cöcalanhänge der Aphrodite einfache Aussackungen des Darmrohres darstellen, in welchen verdaut und resorbirt wird. Die Beobachtungen, welche diese Ansicht stützen, sind nicht beweiskräftig genug, da eine aus technischen Gründen nothwendige Präparationsmethode: die Anhänge von ihrem blinden und nicht von dem intestinalen Ende aus zu öffnen, dabei wahrscheinlich unterlassen wurde. Der zähe Darminhalt haftet sehr fest am Metalle der einzuführenden Instrumente und führt in Folge dessen leicht zu falschen Beobachtungen. Ich fand bei allen untersuchten Aphroditen und Her-

anhängen dieser Borstenwürmer wird nicht verdaut: in ihnen erfolgt keine Resorption von Verdauungsproducten, sondern diese „Leberblasen" dienen lediglich der Secretion, der Aufbewahrung und Ableitung des Secretes. Sie sind nicht analog den Blindsäcken am Darmkanale der Hirudinen, vielleicht aber der sog. „grünen Drüse" der Siphonostomen.

Der in den Leberblasen von Hermione hystrix und Aphrodite aculeata enthaltene Verdauungssaft verdaut in thymolisirter alkalischer (2procentiger Sodalösung) und neutraler wässriger Flüssigkeit rohes und gekochtes Fibrin im Laufe von $^1/_2$—2 Stunden. Es finden sich unter den Verdauungsproducten Peptone und sehr reichlich bilden sich durch Neutralisation fällbare Eiweisskörper. Ein Liter steifer Fibringallerte wurde in wenigen Stunden verdaut, ohne dass unter den Verdauungsproducten Tyrosin und Leucin nachweisbar waren, und auch die Bromwasserreaction gelang mit der verdauten Masse nie. Da das Arthropodentrypsin, welches vielleicht echtes Trypsin ist und nicht energischer auf die Eiweissstoffe wirkt wie das tryp-

mionen die Cöcalanhänge stets gefüllt mit dem dunkelgrünen Verdauungssafte, der bei gefülltem und leerem Darme gleich gefärbt war und nie feste Theile aus dem Darminhalte erkennen liess. Wäre es Chymus, welcher sich in den Leberblasen angesammelt hatte, wie *Th. Williams* (Report on the British Annelida. Report of the British Association. London 1852, S. 237) glaubt, so müssen sich nothwendig Unterschiede in der Färbung dieses Inhalts, der aufgenommenen Nahrung entsprechend, geltend machen. Das ist aber nicht der Fall, wie ich mich an vielen Exemplaren von Aphrodite aculeata überzeugen konnte, und zu kühn ist der Glaube, dass der fast farblose Chymus des Darmes beim Eintritt in die Cöcalanhänge grün wird. Der Inhalt der Leberblasen bei den Aphroditen hat ferner dieselben physikalischen und enzymatischen Eigenschaften wie das Secret der „grünen Drüse" von Siphonostoma diplochaïtos, welche schwerlich Jemand als ein Chymusreservoir ansprechen würde. Auch ist es unverständlich, wie die constante und meist pralle Spannung der Leberblasen bei Aphrodite einen Eintritt des Speisebreies in die Lebergänge ermöglichen soll, und ausserdem scheint noch ein Sphincter die intestinale Mündung periodisch zu verschliessen, worauf schon *Milne Edwards* (Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée. T. V. p. 433, Note 1) hinwies.

tische Enzym der Würmer, bei Einwirkung auf nur wenige Fibrinflocken schon nachweisbare Mengen des die Bromwasserreaction hervorrufenden Körpers bildet, so ist kaum daran zu zweifeln, dass das Trypsin der Würmer von dem der Arthropoden wesentlich verschieden ist[1]). Viele Eigenschaften theilt es zwar mit dem echten Trypsin. So wirkt es z. B. bei 40° C. energischer als bei 22 und 12.5° C.; es wird durch mehrstündige Digestion mit 0.2procentiger Salzsäure zerstört und ist in neutraler Lösung unfähig, selbst nach tagelanger Einwirkung das Pepsin unwirksam zu machen. Dieses tryptische Enzym möge fernerhin „Isotrypsin" heissen; es ist vielleicht dasselbe, welches ich in den Asteridenlebern nachweisen konnte und auch ver-

---

[1]) Bei Lumbricus terrestris, aus welchen die Enzyme durch Verreiben des ganzen Thieres mit Glycerin gewonnen wurden, gelang mir zwar einmal mit der in 2procentiger Sodalösung verdauten Fibrinmasse die Bromwasserreaction. Da diese Beobachtung sich mit den Resultaten, welche die reinen Secrete der Borstenwürmer lieferten, in Widerspruch befand, so habe ich die Versuche mit verschiedenen Lumbricusarten wiederholt, und es ergab sich, dass auch das tryptische Enzym der Lumbriciden kein Verdauungsproduct bildet, welches durch die Bromwasserreaction erkannt wird. Ich vermuthe, dass in dem einen Ausnahmefalle den Darmcontenten von Lumbricus eingebettete kleine Arthropoden, welche mit der Erde vielleicht zufällig aufgenommen waren, die Ursache für die Bildung des durch die Bromwasserreaction indicirten Körpers abgaben.

Durch meine jüngst auf Helgoland mit dem Verdauungssafte von Arenicola piscatorum angestellten Verdauungsversuche ist die Gegenwart von Isotrypsin in der Verdauungsflüssigkeit dieses tubicolen Wurmes ebenfalls bewiesen; rohes wie gekochtes Fibrin wurde bei alkalischer Reaction des Verdauungsgemisches (2procentige Sodalösung diente als Zusatzflüssigkeit) davon bei 38° C. in einer halben Stunde verdaut, ohne dass sich unter den Verdauungsproducten die durch die Bromwasserreaction gekennzeichnete Substanz gebildet hatte. Der Darmsaft von Arenicola, welcher eine deutlich alkalische Reaction besitzt, enthält ausser Isotrypsin aber auch noch ein peptisches Enzym; denn er ist fähig in 0.2procentiger HCl rohes Fibrin unter Bildung von Peptonen in etwa zwei Stunden zu verdauen. Gleichfalls reich ist derselbe an Diastase, welche bei einer constanten Temperatur von 38° C. im Laufe von einer halben Stunde aus Stärkekleister eine erhebliche Menge Zuckers gebildet hatte.

schieden von dem tryptischen Enzyme der Mollusken, welches eine Wirkungsfähigkeit auf gekochtes Fibrin nicht zu besitzen scheint.

In schwachen Lösungen organischer Säuren ist das Isotrypsin gleichfalls nicht unwirksam; in 0.5procentiger Weinsäure, 0.5- und 1procentiger Milchsäure, sowie in 0.5procentiger Essigsäure liess sich rohes Fibrin sehr gut verdauen. Wurde der Verdauungssaft aus den Leberblasen durch Auswaschen sorgfältig entfernt, so liessen sich aus denselben durch Extraction mit Glycerin oder 2procentiger Sodalösung tryptisch wirksame Flüssigkeiten erhalten; jedoch von viel geringerer Wirkungsenergie als sie das natürliche Secret besass. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass die Secretbildung in den Drüsen dieser Anhänge sehr langsam, aber stetig geschieht, und dass aus diesem Grunde eine so complicirte Einrichtung des Secretreservoirs für die Aphroditen von Nutzen ist.

Wurde der Verdauungssaft dieser Chaetopoden auf einen Gehalt von 0.1 pCt. HCl oder 4 pCt. Essigsäure gebracht, so wirkte er während mehrerer Tage nicht fibrinverdauend, wodurch die Abwesenheit des peptischen Enzymes in demselben dargethan sein dürfte. An Diastase, welche in bekannter Weise nachgewiesen wurde, war der Verdauungssaft reich. Aus den Darmcontenten erhielt ich durch die wässrige Extraction neben Diastase dasselbe tryptische Enzym, welches in den Leberblasen aufgefunden wurde, während Pepsin auch in diesen Auszügen fehlte. Aus dem gereinigten Darmrohre, und insbesondere aus dem ösophagealen Abschnitte desselben liessen sich bei Aphrodite aculeata durch Behandlung mit Glycerin, 0.2procentiger HCl, 2procentiger Sodalösung oder Wasser keine diastatisch, tryptisch oder peptisch wirkende Auszüge gewinnen. Unrichtig ist also die Vermuthung von *Williams* (l. c. S. 237), dass bei Aphrodite aculeata Zotten des Oesophagus Verdauungssäfte liefern.

Bereits früher[1]) wurde von mir mitgetheilt, dass sich aus dem Darmtractus von Hirudo officinalis keine enzymatische Auszüge gewinnen lassen. Wie bekannt finden sich aber beim Blutegel in der Nähe der Kiefer becherförmige Drüsen, und es war die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass diese Verdauungssäfte lieferten. Zur Entscheidung dieser Frage verrieb ich den mit diesen Drüsen ausgestatteten Vorderdarmtheil von acht lebenden Blutegeln mit Glycerin und prüfte nach sechstägiger Einwirkung den Glycerinauszug auf Enzyme. Es erwies sich das Extract in einer Lösung von 2 pCt. Essigsäure, 1—2 pCt. Milchsäure und 0.1 pCt. Salzsäure, sowie in 2procentiger Sodalösung nach Tagen als vollkommen unwirksam auf rohes Fibrin, und auch der wässrige Auszug dieses Darmabschnittes von sechs Blutegeln besass keine eiweissverdauende Wirkung. Der Verdauungsmodus bei diesem sonst so hoch organisirten Wurme erinnert demnach mehr an die rein endosmotischen Vorgänge bei den Cestoden und andern parasitischen Formen (Trematoden, Acanthocephalen etc.) als an die mit Hilfe kräftiger Enzyme sich vollziehende Verdauung der Aphroditen. Beide Würmer sind zwar oft aus rein morphologischen Gründen in dieser Hinsicht verglichen und zusammengestellt.

Das grüne Secret der oberhalb des Vorderdarmes gelegenen Drüse bei Siphonostoma diplochaïtos enthält dieselben Enzyme (Isotrypsin und Diastase) wie der Verdauungssaft von Aphrodite aculeata und Hermione hystrix. Die Einmündungsstelle in den Darm ist mir unbekannt geblieben; auch bin ich im Ungewissen darüber, ob das Secret mit seiner ursprünglichen grünen Farbe in die Verdauungsampulle gelangt, wenn schon die Ansicht allgemein verbreitet ist, dass der Drüsengang neben den Ausgangsöffnungen der sog. Speicheldrüsen in

[1]) Versuche z. vergl. Physiologie der Verdauung etc. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band I. S. 337.

den Oesophagus mündet. Die Befunde, welche mich in diesem Punkte ungewiss machen, sind folgende: Das Secret der Drüse war bei allen von mir untersuchten (über hundert) Exemplaren intensiv grün gefärbt, während der Vorderdarm eine intensiv orange und der flüssige Inhalt desselben constant eine rosa Färbung zeigte. Weder gemischt mit dem Secrete der sog. Speicheldrüsen, noch auf Zusatz von Säuren oder Alkalien schlägt die Farbe des Secrets der grünen Drüse in eine röthliche um, wie sie der flüssige Vorderdarminhalt besitzt. Bei Zusatz von 0.2procentiger HCl und einstündiger Digestion bei 40° C. setzt sich hingegen aus dem flüssigen Vorderdarminhalte ein intensiv roth gefärbter Niederschlag ab, welcher sich in der alkoholischen Lösung spectroskopisch wie der Farbstoff des Vorderdarmes verhält. Indem ich die Frage offen lasse, wie diese seltsame Farbenveränderung des Secretes zu erklären ist, in welchen Abschnitt des Verdauungsrohres sich das Secret der grünen Drüse ergiesst, möchte ich nur noch bemerken, dass im Mitteldarme die Farbe des Secretes eine grüne ist und dass der röthliche Verdauungssaft im Vorderdarme dieselben Enzyme enthält wie das Secret der grünen Drüse[1]). In beiden enzymatischen Flüssigkeiten wird das tryptische Enzym durch längere Digestion mit 0.2 pCt. HCl vollständig zerstört. Das farblose Secret der sog. Speicheldrüsen[2]) finde ich frei von Diastase und von allen in alkalischen (2 pCt. Soda) oder sauren (0.2 pCt. HCl; 0.5, 1.0 und 4.0 pCt. Milchsäure, 2 pCt. Essigsäure) Lösungen rohes Fibrin verdauenden Enzymen.

In der Familie der Lumbriciden deutet das Vorkommen

[1]) *Cf. Rathke*, Schriften der naturf. Gesellsch. zu Danzig, Bd. III. Heft 2. 1847. S. 87. Tab. V. Fig. 5 etc.

[2]) Keines der Secrete bei Siphonostoma zeigte eine saure Reaction, sondern alle sind neutral oder schwach alkalisch. Der wässrige Auszug der alkalischen Contenta des Endtheils vom Darme wirkt, wenn schon schwach, fibrinverdauend.

der Chloragogenzellen am Darm und Rückengefäss auf eine echte Blutverdauung hin. Die von mir anfangs gehegte Vermuthung: in dem Blute der Lumbriciden Enzyme aufzufinden, hat sich aber nicht bewahrheitet. Aus den Blutcavernen in den vorderen Segmenten lässt sich besonders bei den grossen südeuropäischen Lumbricusarten leicht eine grössere Menge Blut gewinnen. Ich fand das Blut in diesen Räumen, sowie das aus dem Rückengefässe durch Einstich gewonnene stets ohne diastatische Einwirkung auf gekochte Stärke bei 40° C. und ohne fibrinverdauende Eigenschaften bei saurer (0.1- und 0.2procentiger HCl, 0.5—4.0procentiger Milchsäure, Essigsäure oder Weinsäure), oder alkalischer (2procentiger Sodalösung) Reaction; auch verdaute es mit wenig Wasser verdünnt kein Fibrin. Versuche[1]), ausgeführt mit dem Blute von Helix pomatia, Mactra stultorum, Arca Noae und Astacus fluviatilis lieferten ebenfalls negative Resultate. Bei den Würmern, den Mollusken und Arthropoden scheint demnach die Enzymbildung auf die Drüsen des Darmes beschränkt zu sein[2]), und nur die Darmverdauung erfährt in diesen bezüglich der Verdauungsvorgänge viel Uebereinstimmendes bietenden Typen im Phlebenterismus eine eigenthümliche Modification.

Wenn man in den höhern Evertebratenclassen bei den parasitischen Formen den Verdauungsapparat zurückgebildet findet,

[1]) Das Blut dieser Thiere wurde in reichlicher Menge erhalten: bei Helix pomatia durch Anschneiden des Fusses, bei den Acephalen durch Anschneiden des Schliessmuskels und beim Krebse durch Abtrennung des letzten Schwanzsegmentes. Man gewinnt mittelst dieser Methoden kein ganz reines Blut (cf. *Voit.* Anhaltspunkte für die Physiologie der Perlmuschel. Z. f. w. Z. Bd. X. 1860 S. 470—498), doch sind die Verunreinigungen desselben für diese Versuche ohne Bedeutung.

[2]) Meine Untersuchungen beschränken sich nicht nur auf das Blut, sondern es wurden auch bei den Mollusken viele der Excretion und der Geschlechtsfunction dienende Drüsen mit negativem Resultat auf Enzyme geprüft. Auf diese Versuche werde ich an anderer Stelle ausführlicher eingehen. Aus der sog. „grünen Drüse“ von Astacus fluviatilis konnte ich zwar oft durch Glycerinextraction peptisch wirksame Lösungen erhalten.

und wenn man hier die Producte vermisst, mit deren Hilfe es dem Organismus leicht gelingt, das aufgenommene Nährmaterial zu bewältigen, dann sind die Gründe leicht zu errathen, welche diese Thatsachen verständlich machen. Werden aber bei Thieren, welche man für unmittelbare Vorläufer der Vertebraten oder selbst für rückgebildete Wirbelthiere ansieht, Verhältnisse angetroffen, welche viel unvollkommener als beispielsweise die bei den Asteriden sind, so fehlt uns, ohne das Aufgeben der systematischen Stellung dieser Thiere, jede Erklärung. In einer solchen Lage befinden wir uns bei den Ascidien.

Nach *Huxley*[1]) wird bei Phallusia, Cynthia und andern Tunicaten die Leber durch „ein System von feinen Röhrchen dargestellt, welche sich am Darme erzeugen und schliesslich zu einem Gange sammeln, der in den Magen mündet". Bei einigen Cynthien soll sich nach demselben Forscher „eine folliculäre Leber von gewöhnlichem Charakter finden, die mit mehreren Ausführungsgängen in den Magen mündet". Es ist mir nicht möglich gewesen, durch Extraction mit Glycerin, Wasser, Säuren (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure) und Alkalien (2 pCt. Soda) die Uebereinstimmung dieser Apparate mit den enzymbildenden Lebern der Evertebraten festzustellen. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, gelang mir die Verdauung rohen Fibrins mittelst der Extracte des Verdauungsapparates von Cynthia microcosmus und Phallusia mentula bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten nicht. Jedenfalls wird die Production eiweissverdauender Enzyme, wenn überhaupt vorhanden, bei diesen Ascidien eine sehr geringe sein; denn der gesammte Digestionstractus einer grossen Anzahl von Cynthien und Phallusien mit Glycerin verrieben, lieferte nur unwirksame Auszüge. Das Darmrohr von Ciona canina enthält Diastase, welche im Darm-

[1]) *Th. Huxley*, Grundzüge der Anatomie der wirbellosen Thiere. Deutsch von *J. W. Spengel*. Leipzig, 1878. S. 534.

canale bei Phallusia mentula aber nur in Spuren von mir nachgewiesen werden konnte. Aus den dem Darme angehefteten gelben (Cynthia microcosmus) oder bräunlichen (Phallusia mentula) Drüsen, deren Bedeutung als Harnorgane — durch den von *Kupffer* (Zur Entwicklung der einfachen Ascidien. Arch. f. mikr. Anat. Band VIII, S. 379) und *Lacaze-Duthiers* (Les Ascidies simples des côtes de la France. Archives de Zoologie expérimentale 1874) gelieferten Nachweis des Harnsäurevorkommens — erkannt ist, erhielt ich weder durch Extraction mit Wasser noch mit Glycerin auf gekochte Stärke diastatisch, auf rohes Fibrin peptisch (0.2 pCt. HCl, 2 pCt. Essigsäure, 1 pCt. Milchsäure) oder tryptisch (2 pCt. Soda) wirkende Lösungen.

Bei Ciona canina gelang mir in einem Falle der Nachweis eines tryptischen Enzymes in dem Darme (und seinen Contenten), dessen Vorkommen von der Krebsnahrung abzuleiten sein wird, zumal, wie ich in einer andern Arbeit zeigen werde, tryptische Enzyme bei Mollusken und den tiefer stehenden Evertebratenformen nicht häufig sind und, ohne mit peptischen im Vorkommen vergesellschaftet zu sein, kaum aufzutreten pflegen.

Der Verdauungsmodus wird vermuthlich bei vielen Ascidien derselbe wie bei einer grossen Anzahl von Cölenteraten sein. Die Eiweissverdauung wird bei den von mir untersuchten Arten vorzugsweise mittelst der Enzyme erfolgen, welche die Beute mit sich führt, und so werden wir uns vor einem Factum befinden, welches als eine Degradationserscheinung nicht verständlich zu machen ist.

So entwickelt sich erst ganz allmählich die Darmverdauung, eine der wichtigsten Functionen für die Existenz der höhern Thiere. Bei den niedern Formen ist das Körpergewebe gleichmässiger mit Enzymen imprägnirt, erst bei den höhern Typen wird die Enzymproduction in ausgiebigerem Grade dem Verdauungsgeschäfte nutz-

bar gemacht. Ein und dasselbe Organ bildet bei den höher organisirten Evertebraten alle für den Verdauungsact erforderlichen Enzyme, und soviel wir wissen, besorgen nur in einigen Classen der Arthropoden anatomisch verschiedene Drüsenorgane die Enzymproduction im Interesse der Darmverdauung.

Wirkung der Evertebratenenzyme auf rohes Fibrin bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.

(Wurde in der Lösung gleichfalls gekochtes Fibrin verdaut, so ist dieses durch den vom Kreuze oben rechts stehenden Stern angedeutet. Fehlt der Stern, so gelang mir die Verdauung des gekochten Fibrins in unzweifelhafter Weise nicht).

	2 % Soda	Neutraler wässriger Auszug	0.1—0.2 % HCl.	Essigsäure			Milchsäure			Weinsäure			Oxalsäure			Diastase
				0.5 %	1—2 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	
Aethalium septicum	0	0	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+*	+	+*	+*	+*	+*	0	0
Suberites domuncula	0	0	+	+	+	+	+	+	schw.	+	+	+	+	.	0	0
Chondrosia reniformis	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schwach	0	0	+
Hircinia variabilis	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Anthea viridis (Glycerinextract der Septen des cölenterischen Raumes)	0	0	+	.	0	.	+	+	+	+	+	+	0	0	0	0
Anthea viridis (Glycerinextract der Tentakeln)	0	0	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Anthea viridis (Glycerinextract der Geschlechtsdrüsen)	+	+	0	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0
Alcyonium palmatum	0	0	0	.	0	0	0	0	0	.	0	.	0	.	.	0
Ciona canina (Glycerinextract des gesammten Verdauungstractus)	+	+	0	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Phallusia mentula (Glycerinextract des gesammten Verdauungstractus)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	.	0	.	0	.	0	Spur.
Cynthia microcosmus (Glycerinextract d. gesammten Verdauungstractus)	0	0	0	.	0	.	.	0	0	.	0	0	.	0	.	+
Holothuria tubulosa (Darmglycerinextract)	0	0	0	0	0	0	0	0	.	0	0	.	0	.	.	
Holothuria tubulosa (Glycerinextract des Gefässgeflechtes)	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schwach	.	0	0

	2 % Soda.	Neutraler wässriger Auszug	0.1—0.2 % HCl.	Essigsäure			Milchsäure			Weinsäure			Oxalsäure			Diastase
				0.5 %	1—2 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	0.5 %	1 %	4 %	
Cucumaria Planci (Leberglycerinauszug)	+	+	+	+	+	+	.	.	.	.	+	+	+	0	.	+
Toxopneustes lividus (Darmglycerinextract)	+	+	+	schwach	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	0	+
Toxopneustes brevispinosus (Darmglycerinextr.)	+	.	+	.	+	.	.	+	.	.	+	.	.	.	.	+
Astropecten aurantiacus (Leberglycerinextract)	+*	+*	+	schwach	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schw.	0	+
Astropecten aurantiacus (Glycerinauszug der *Tiedemann*'schen Körperchen)	0	0	+	.	+	.	.	+	+	+	.	.	.	.	.	+
Astropecten aurantiacus (Darmglycerinextract)	0	0	+	schwach	+	.	+	+	+	+	+	+	.	.	0	0
Asteracanthion glacialis (Leberglycerinextr.)	+*	+*	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	schw.	0	+
Aeolidier (Glycerinextract der Papillen)	0	.	+	.	+	.	.	+	+	.	.	+	.	.	.	0
Siphonostoma diplochaïtos (Verdauungssaft)	+*	+*	0	schwach	.	0	+	+	0	+	.	0	.	.	.	+
Hermione hystrix (Verdauungssaft)	+*	+*	0	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Aphrodite aculeata (Verdauungssaft)	+*	+*	0	.	sehr gering	.	+	.	.	.	.	.	schwach	.	.	+

Die in dieser Arbeit niedergelegten Untersuchungen lassen sich in folgenden Sätzen kurz zusammenfassen:

1) Selbst bei sehr wenig organisirten Wesen (Myxomyceten und Poriferen) finden sich verdauende Enzyme, eine functionelle Bedeutung derselben ist aber nicht nachgewiesen.

2) Das peptische Enzym ist bei den niedern Thieren viel verbreiteter im Vorkommen als das tryptische, und nur bei den Würmern und Arthropoden scheint nach den vorliegenden Untersuchungen das letztere constanter als das erstere zu sein.

3) Der Annahme von **enzymatischen Verdauungssecreten** bei den Cölenteraten fehlt jeder experimentelle Anhalt. Meine Ergebnisse deuten auf die Abwesenheit einer irgendwie bedeutenden enzymatischen Secretproduction hin.

4) Die Verdauungsvorgänge der von mir untersuchten Ascidien sind unvollkommener als die mancher Echinodermen und nähern sich mehr den Verhältnissen bei den Acalephen.

5) Die Enzymbildung ist bei vielen Echinodermen nicht vollständig localisirt. Es ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass bei ihnen die resorbirten Stoffe noch extraintestinal enzymatisch verändert werden.

6) Die *Tiedemann*'schen Körperchen von Astropecten aurantiacus sind enzym- (Pepsin und Diastase) bildende Organe und können den pepsinbildenden Drüsen im Wasser- und Blutgefässgeflecht der Holothuria tubulosa analogisirt werden.

7) Die Asteridenlebern sind vollkommen analog den Lebern der Arthropoden und Mollusken. Keine Analogie besteht zwischen diesen Organen und den Wasserlungen oder den *Cuvier*schen Organen der Holothurien. Den Asteridenlebern analoge Gebilde sind von mir bei Cucumaria Planci nachgewiesen, und functionell gleichwerthige Drüsen finden sich auch im Darme von Toxopneustes lividus und brevispinosus.

8) Bei Würmern, Arthropoden und Mollusken ist, soweit meine Untersuchungen reichen, die Production eiweissverdauender Enzyme vollständiger als bei den Cölenteraten und Echinodermen localisirt und der Darmverdauung dienstbar gemacht.

9) Das tryptische Enzym der Würmer (Aphrodite, Hermione, Siphonostoma, Arenicola, Lumbriciden), von mir Isotrypsin genannt, unterscheidet sich von dem Trypsin der Vertebraten, Arthropoden und Mollusken und ist vielleicht mit dem der Asteriden identisch.

10) Die Leberblasen der Aphroditen, die Verzweigungen der cölenterischen Räume der Cölenteraten und die Canales hepato-intestinales der Aeolidier dürfen zur Zeit nicht für functionell gleichwerthig gelten.

11) Bei Aphrodite aculeata werden die Verdauungssäfte von Drüsenzellen in den Leberblasen gebildet, nicht von Zotten des Oesophagus.

12) Bei keinem Wirbellosen ist ein dem Magen der Vertebraten functionell vergleichbarer Darmabschnitt nachgewiesen; stets wurden kropfartige Darmerweiterungen als Mägen bezeichnet.

Nachtrag zu den Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten und Echinodermen.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Bereits 1851 berichtete *H. Hollard*[1]), dass die schleimige Masse, welche constant die Wandungen des cölenterischen Raumes bei den Actinien befeuchtet, weder während der Verdauung noch bei leerem Organe die geringste Andeutung einer sauren oder alkalischen Reaction erkennen lasse. Seine Versuche wurden später von *G. H. Lewes*[2]) an Anthea cereus und crassicornis und von *Couch*[3]) an Actinien wiederholt und seine Ergebnisse bestätigt. Auch haben bereits *Lewes* und *Couch* unabhängig und übereinstimmend gefunden, dass kleine Stückchen von Fischfleisch in dem cölenterischen Raume der Actinien nicht verdaut werden. Das Gewicht der Fleischstückchen vor und nach dem Verweilen im Thiere wurde von *Couch* genau bestimmt; den gefundenen Gewichtsverlust bezieht er auf ein Auspressen der im Fleische vorhandenen Flüssigkeit und weist die Annahme einer Verdauung bei den Actinien zurück. Von *Lewes* ist auch der bekannte *Réaumur*'sche Versuch, zwar, wie es die Umstände be-

[1]) *H. Hollard,* Monographie anatomique du genre Actinia. Ann. des sciences nat. 1851. 3e Série. T. XV. S. 276.

H. Hollard, Études zoologiques sur le genre Actinia. Rev. et Mag. de Zoologie. 1854. 2e Série. T. VI. S. 286.

[2]) *G. H. Lewes,* Naturstudien am Seestrande. Uebersetzt von *J. Frese.* Berlin. 1859. S. 198 ff.

[3]) *Couch*, ibid. S. 208.

dingten, in etwas modificirter Form, an den Actinien ausgeführt. Um sich nämlich von der Gegenwart einer auflösenden Flüssigkeit in dem Darme dieser Thiere zu überzeugen, füllte er Fleischstückchen in eine beiderseits offene, etwa $^1/_2$ Zoll lange Federspule, welche er ausserdem noch mit sechs breiten seitlichen Einschnitten versehen hatte, und brachte diese den Thieren bei. Er bemerkte bei einer Spule, wo das Fleisch an beiden Enden ein wenig hervorsah, eine Aufweichung an den hervorstehenden Ecken des Fleischstückchens, welche einer Verdauung glich; allein unter dem Mikroskope fand er die Muskelfasern nicht im mindesten zersetzt, und die Querstreifen der einzelnen Fasern genau so in ihrer Lage wie an jeder andern Stelle, sodass die Aufweichung sich als eine rein mechanische erwies. Diese schönen Untersuchungen sind in den folgenden zwanzig Jahren kaum wiederholt, nicht vervollständigt. Es schien mir nöthig, sie mit einer homogeneren, leichter verdaulichen Substanz als es der Muskel ist, anzustellen, und durch eine zu diesem Zwecke unternommene Reise nach Helgoland ist es mir möglich gewesen, diese Untersuchungen mit dem leicht verdaulichen Fibrin theilweise zu wiederholen und zu erweitern[1]).

Wird der Actinia mesembryanthemum eine Flocke rohen Fibrins in den vorderen Abschnitt des cölenterischen Raumes („Magenraum" der Autoren) gebracht, so verweilt sie oft nur kurze Zeit an diesem Platze; die Tentakeln, die Contractionen der Körperwand befördern sie weiter in das Innere des Thieres. Sie bleibt zusammengeballt, bisweilen viele Stunden in dem tiefer gelegenen Nahrungsbehälter liegen, und eine Anstrengung des

---

[1]) Meine Untersuchungen waren bereits abgeschlossen, die in dieser Abhandlung niedergelegten Resultate bereits gewonnen, als Herr Professor Dr. *Hilgendorf* mich bei unserm Zusammentreffen auf Helgoland auf die erwähnten älteren Arbeiten aufmerksam machte. Um so erwünschter dürften desshalb meine Bestätigungen jener Angaben sein, da die Ergebnisse meiner Beobachtungen durch sie in keiner Weise beeinflusst wurden.

Thieres, den Fibrinpfropf, mag dieser in dem vorderen oder in dem hinteren Theile des Darmrohres sich befinden, auszustossen, wird anfangs nicht bemerkt, obgleich der Tentakelkranz sich wieder geöffnet hat, und jede Andeutung eines Unbehagens fehlt. Am folgenden, mitunter auch erst am dritten Tage findet man, dass der Fibrinpfropf ausgestossen ist. Dieser zeigt sich immer so gut wie unverändert, an den Rändern zwar meist ein wenig aufgequollen, und nur ein eigenthümlicher, sehr schwach ätzender Geschmack des eben ausgestossenen Ballens verräth, dass ihm ein Secret beigemischt wurde, welches aber auch an sehr empfindlichem, blauem oder rothem Lackmuspapiere keine Farbenveränderung hervorruft. Nahm ich das Fibrin nach längerem Verweilen (12—24 Stunden) in dem Darmrohre aus den Actinien heraus und verrieb mehrere dieser Flocken mit Glycerin, so konnte ich (nach etwa 14 tägiger Extraction) mit diesem Auszuge weder eine Wirkung in 0.1 procentiger HCl-, noch in 2 procentiger Sodalösung auf rohes Fibrin bei 38° C. nach zweitägiger Einwirkung erzielen, und auch eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke bei gleicher Temperatur und zweistündiger Digestion fehlte diesem Auszuge. Ohne tief greifende Verletzungen liess sich das Fibrin nicht länger als zwei Tage in dem cölenterischen Raume der Actinien aufbewahren; denn es wurde nach ½—2 Tagen, wie auch *Couch* mittheilt, regelmässig ausgeworfen. Ich verzichtete desshalb darauf, weitere Modificationen der Versuche an dieser Species vorzunehmen; ich war gleich den erwähnten Experimentatoren hinreichend überzeugt, dass die ausgehungerten Actinien kein Mittel unversucht gelassen hatten, sich diese eiweissreiche Kost anzueignen. Bei Exemplaren, welche zu diesen Versuchen vorher noch nicht verwandt waren, genügte es schon, die Fibrinflocke an die Tentakeln zu legen, von welchen sie dann in den Nahrungsraum hinuntergeschoben wurde. Fast nie gelang mir aber diese Fütterungsmethode mehrere Male bei

ein und demselben Thiere; es schien jetzt Erfahrungen über die Unverdaulichkeit des Futters gesammelt zu haben.

In dem cölenterischen Raume der von mir in dieser Hinsicht untersuchten Medusen (Chrysaora hyoscella, Cyanea capillata, Aurelia aurita, Rhizostomum Cuvieri und einer andren der Chrysaora ähnlichen, mir nicht sicher bekannten Art) ist die Veränderung, welche das eingeführte rohe Fibrin erfährt, die gleiche wie bei den Actinien. Durch täglichen Wechsel des Meerwassers konnte ich die schönen, grossen Exemplare dieser Medusen, welche mir der Schiffer *Hilmar Luehrs* verschafft hatte, in unveränderter Lebensenergie acht Tage und länger in kleinen Holzbottichen erhalten und so die Thatsache feststellen, dass binnen fünf Tagen eine etwa zolllange Fibrinflocke in dem sog. Magen- oder Gastrovascularraum bei keiner dieser Arten eine Andeutung von eingetretener Verdauung erkennen lässt. Die Ränder der Flocke waren stellenweise ein wenig aufgequollen, wie es rohes Fibrin unter verschiedenen Umständen bisweilen thut; aber weder war an den herausgenommenen Flocken eine deutliche Alkalescenz oder Säuerung mittelst Lackmuspapier zu constatiren, noch besass der Glycerinauszug derselben eine Wirkung auf rohes Fibrin in 1 pCt. Milchsäure, 0.1 pCt. Salzsäure oder in 2 pCt. Sodalösung.

Um nichts unversucht zu lassen, bemühte ich mich auch durch Injectionen von Substanzen, welche die Secretproduction erfahrungsgemäss wenigstens bei höhern Thierformen anregen oder verstärken, auf die Zellen der Darmwand bei den Medusen zu wirken. Ich injicirte mit Hülfe der *Pravaz*'schen Spritze einer Cyanea capillata 0.9 mgr. Pilocarpin, welches mir das physiologische Institut bereitwilligst zu diesem Zwecke nach Helgoland mitgegeben hatte, einer Chrysaora die dreifache Menge dieser Substanz, einer andern 0.36 gr. eines concentrirten alkoholischen Auszuges (Chavicin- und Piperin-haltig) von schwar-

zen Pfefferkörnern und einer dritten 14 mgr. Sublimat. Einen sichtlichen Erfolg der Pilocarpininjection konnte ich weder in einer Veränderung der Contractionen an der Subumbrella, noch in einer Einwirkung auf das im cölenterischen Raume befindliche Fibrin bemerken, so dass auch diese Bemühungen keinen Anhaltspunct für eine Production von enzymatischen Verdauungssecreten lieferten. Ueber die Erscheinungen, welche nach den Injectionen von Sublimat und Pfefferharz eintraten, werde ich an andrer Stelle ausführlicher berichten; hier sei nur bemerkt, dass ihre Wirkung sich an dem Fibrin ebensowenig wie die des Pilocarpins offenbarte. Auch stark gepfeffertes Fibrin wurde in den Nahrungsräumen keiner Medusenart (Aurelia, Chrysaora und Verwandte, Rhizostomum) in vier Tagen enzymatisch verändert.

Meine früheren Untersuchungen hatten ergeben, dass bei einigen Cölenteraten das Körpergewebe deutlich nachweisbare Mengen von Pepsin enthält; ich bin bisher den Nachweis schuldig geblieben, ob dieses im lebenden Thiere wirkungsfähig werden kann oder nicht. Versuche hatten bei Aethalium septicum ein negatives Ergebniss zur Folge gehabt, und nur mit geringen Erwartungen unternahm ich desshalb diesen entsprechende Versuche bei den Cölenteraten.

Ich bediente mich zu diesen Versuchen etwa 2—3 Zoll langer Fibrinflocken, welche ich 4—5 Tage vorher vom Schlachthause frisch erhalten und, sogleich in reinstes Glycerin gelegt, nach Helgoland mitgenommen hatte. Diese zog ich mittelst einer Nadel dicht unter der Epidermis oder den tiefer liegenden Schichten durch die Actinien hindurch und trennte die so operirten Thiere von den übrigen. Wohl 20—30 Actinien wurden in dieser Weise hergerichtet, und das Resultat, welches mit grosser Constanz eintrat, war für mich ein überraschendes. Im Verlauf von 8 bis 14 Stunden war das Stück des Fibrinfadens, welches mit dem Körpergewebe der Actinien sich in Berührung befunden hatte,

regelmässig verschwunden, und die Section lehrte, dass es auch resorbirt war, denn nichts war davon in der künstlich geschaffenen Rinne wahrzunehmen. Die beiden aus dem Körper hervorstehenden Enden der Flocke befanden sich im Wasser.

Bei Cyanea capillata und einer andern mir nicht bekannten Meduse bedurfte es zur Auflösung des in Richtung der Hauptaxe des Thiers durch die Scheibe hindurchgezogenen Fibrinfadens ungefähr der gleichen Zeit[1]), während ich bei Chrysaora hyoscella keine so sichere Resultate erzielen konnte. In der Nähe der Randtentakeln durch die Scheibe gezogenes Fibrin wurde bei Chrysaora nach drei Tragen überhaupt nicht sichtlich verändert. Auch bei Lucernaria auricula zog ich Fibrin-

---

[1]) In auffallender Uebereinstimmung mit der von mir gemachten Zeitangabe über den Eintritt der Fibrinverdauung im Gewebe der Actinien und Medusen befindet sich eine Mittheilung von *Fritz Müller* (die Magenfäden der Quallen. Z. f. wiss. Zool. Bd. IX. 1858. S. 542). Er sah, dass ein Stück vom Hintertheile eines Alpheus und Muskeln aus einer Krabbenscheere, welche er mit den, einer lebenden Tamoya hoplonema entnommenen „Magenfädengruppen“ bedeckt und mit ein wenig reinem Seewasser übergossen hatte, in 10—12 Stunden vollständig resp. fast ganz zu einer trüben Flüssigkeit gelöst waren, während entsprechende Stücke der Krebstheile in reinem Seewasser sich während dieser Zeit nicht merklich verändert zeigten. Hierdurch glaubt er den Beweis für eine Production von Verdauungssecreten in den „Magenfäden“ geliefert zu haben. Ich möchte dagegen geltend machen, dass eine tryptische Wirkung, wie sie bei dieser Versuchsanordnung zur Verdauung des Muskels erforderlich ist, schon an sich bei den Medusen mir bedenklich erscheint, da ich mich an einer ziemlich grossen Anzahl von Arten überzeugen konnte, dass das Körpergewebe der Medusen regelmässig nur ein peptisch wirkendes Enzym enthielt. Würde sich bei Tamoya in der That Trypsin nachweisen lassen, so wäre das unzweifelhaft ein Ausnahmefall, der eingehender untersucht werden müsste. Für die Annahme eines hinreichend sauren peptisch wirkenden Secretes müssten aber nicht weniger stringente Beweise beigebracht werden, weil dessen Existenz nicht weniger merkwürdig wäre. Vorausgesetzt, dass *Fritz Müller's* Versuchsresultat nicht die Folge von eingetretener Fäulniss oder einer Beimischung von Arthropodensecreten ist, kann es nur meine Versuche, nach denen Zellen des Körpergewebes selbst eine verdauende Fähigkeit besitzen, bestätigen und nicht die Existenz von Verdauungssecreten bei dieser Medusenart beweisen.

fäden derart durch den Körper hindurch, dass ein Theil des Fibrins in den cölenterischen Raum hineinragte. Bei diesen Versuchen bemerkte ich aber an keiner Stelle des Fibrinfadens trotz mehrtägigen Verweilens an diesen Plätzen eine Veränderung, und dasselbe muss ich von den entsprechenden Versuchsreihen an Alcyonium digitatum berichten, sei es dass die Fibrinfäden, um das Fibrin mit dem Körpergewebe von möglichst vielen Einzelpolypen in Contact zu bringen, dicht an der Aussenfläche des Polypenstammes hingeführt oder durch diesen in senkrechter Richtung hindurchgezogen wurden.

Zur Prüfung des Körpergewebes auf Enzyme bediente ich mich meist der Glycerinauszüge[1]); von Cyanea capillata und Actinia mesembryanthemum conservirte ich zu diesem Zwecke ausserdem noch mehrere Körpertheile in Alkohol. Diese Versuche wurden, wie alle früheren, im hiesigen physiologischen Institute ausgeführt. Es wurde dabei eine constante Temperatur von 38—40° C. eingehalten. Die Versuche durch gekochte Proben controlirt, führten zu folgenden Ergebnissen: Die Glycerinextracte der weichern Partieen des Medusenkörpers (Mundtentakeln, Magenstiel, Subumbrella) von Chrysaora, Cyanea und Aurelia verdauten in (selbst mit Salicylsäure versetzter) 0.2procentiger HCl, 1—2procentiger Milchsäure und in Weinsäurelösungen verschiedener Concentration rohes, kein gekochtes Fibrin, innerhalb 2—6 Stunden unter Bildung von Peptonen, deren Gegenwart im Dialysate der verdauten Masse durch Natronlauge und Kupfervitriol in bekannter Weise nachgewiesen wurde. In Lösungen dieser organischen Säuren von 1/2 pCt. tritt die Wirkung immer erst viel später ein als in solchen von 1 pCt. Dieses Verhalten deutet schon auf den Mangel an tryptisch wirkenden

[1]) Die Gewebe wurden sorgfältig an der Aussenseite erst mit Brunnenwasser, dann mit destillirtem Wasser abgewaschen und darauf mit dem Glycerin verrieben.

Enzymen hin, deren vollkommene Abwesenheit durch die Unwirksamkeit der Glycerinextracte und der wässerigen Auszüge der erwähnten Alkohol-Conserven selbst rohem Fibrin gegenüber in 2procentiger Sodalösung oder neutraler Flüssigkeit im Körpergewebe dieser Medusenarten verbürgt wird. Die dialysirten Glycerin- resp. die angeführten wässerigen Auszüge keiner Medusenart liessen eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke nach zweistündiger Digestion bei 38° C. erkennen; Stärkekleister, mit den nicht der Dialyse unterworfenen Auszügen versetzt, lieferte bei Cyanea und Aurelia dasselbe negative Resultat, und nur bei Chrysaora könnten sich Spuren von Diastase finden.

In gleicher Weise wurde der Pepsingehalt im Körpergewebe von Actinia mesembryanthemum festgestellt. Ich bediente mich hier der Tentakeln und der mehr äusserlich gelegenen, resistenteren Gewebstheile zur Untersuchung, während ich die Gebilde drüsiger Natur möglichst vollständig entfernte und nicht näher untersuchte. Es wirken die Glycerinauszüge wie die von den Medusen; die Rapidität der Wirkung war ebenfalls ziemlich die gleiche und auch in Salicylsäure-haltiger 0.2procentiger HCl war die Verdauung des rohen Fibrins in wenigen Stunden vollendet. Eine tryptische und diastatische Wirkung fehlte auch hier.

Aehnlich verhielten sich die durch Verreiben der ganzen Thiere mit Glycerin erhaltenen Extracte von Tubularia coronata, Lucernaria auricula und von den aus dem Stamme von Alcyonium digitatum herausgedrückten Einzelpolypen. Bei allen diesen Cölenteraten sah ich eine Wirkung auf rohes oder gekochtes Fibrin bei neutraler oder alkalischer (1—2 pCt. Soda) Reaction nach Tagen nicht eintreten, und von Diastase könnten nur bei Tubularia geringe Mengen vorhanden sein, wenn schon auch hier die dialysirten Extracte kaum eine diastatische Wirkung auf gekochte Stärke erkennen liessen. Ein peptisches Enzym wird sich bei allen diesen Formen finden; es war

bei Tubularia an seiner nach 6—8 Stunden eintretenden, fibrinverdauenden Wirkung in 0.2procentiger mit Salicylsäure versetzter HCl deutlich nachweisbar. Bei Alcyonium trat in reiner 0.2-procentiger HCl eine Fibrinverdauung nach etwa sechs Stunden ebenfalls ein, blieb aber bei Salicylsäurezusatz aus, und der Glycerinauszug von Lucernaria wirkte erst nach etwa 10—14 Stunden in reiner 0.2procentiger HCl auf rohes Fibrin verdauend ein. Peptone hatten sich bei allen diesen Verdauungsversuchen gebildet.

Das Pepsin scheint demnach wirklich im Körpergewebe wenigstens einiger Cölenteraten (Actinia, Cyanea) wirkungsfähig werden zu können. Wie die nöthige Säure entsteht, ob diese in ausgiebigerem Masse überhaupt gebildet wird, darüber werden nur Injectionsversuche mit empfindlichen Farbstofflösungen entscheiden können. So grobe Versuche, wie ich sie mit Reagenspapieren bereits angestellt habe, und welche resultatlos bleiben, sind für die Entscheidung dieser Fragen bedeutungslos. Nur daran möchte ich erinnern, dass nach *J. von Rustizky*'s interessanter Beobachtung[1]) auch die Osteoklasten sauer reagiren, und es dürfte demnach nicht ganz unwahrscheinlich sein, dass eine saure Reaction auch einige Zellen im Körpergewebe der Cölenteraten auszeichnet.

Dass die nachgewiesene Verdauung des Fibrins in dem Körpergewebe von Cyanea, Actinia etc. nicht durch einen hypothetischen Darmsaft, dessen Nichtexistenz zur Genüge bewiesen sein dürfte, hervorgerufen wird, ergibt sich daraus, dass, wenn ich bei Actinia die Fäden ganz dicht unter der äussern Körperdecke, wohin nie Inhaltsmassen des cölenterischen Raumes bei meinen Versuchen gelangen konnten, hindurchführte, auch in diesen Fällen das Fibrin regelmässig aufgelöst wurde. Ich

---

[1]) *J. v. Rustizky*, Unters. über Knochenresorption und Riesenzellen. Virchow's Archiv, Bd. LIX., 1874. S. 223.

bin auf Grund meiner Ergebnisse von der Existenz einer Verdauung im Körpergewebe einiger Cölenteraten nicht weniger überzeugt als von der Abwesenheit enzymatischer Verdauungssecrete in den sog. Magen- und Gastrovascularräumen dieser Thiere. In wie weit jedoch diese Vorgänge im Körpergewebe selbst differenzirt und localisirt sind, darüber geben meine Untersuchungen selbstverständlich keinen Aufschluss.

Vielleicht könnten die der entodermalen Zellenlage direct anliegenden Stellen des Fibrins, was die von *Lewes* und mir beobachtete theilweise Quellung der Flocken andeutet, eine wirkliche Verdauung durch die Entodermzellen als solche erfahren. Eine Gewissheit ist über diesen Punkt schwer zu erlangen; früher mitgetheilte Versuche, bei denen ich möglichst rein den Zellenbelag des cölenterischen Raumes bei Actinia präparirte und mit negativem Erfolg auf ein peptisches und tryptisches Enzym prüfte, machen mir eine enzymatische Verdauung des Fibrins an den Berührungsflächen mit der Entodermis bei Actinia unwahrscheinlich.

In vollkommener Uebereinstimmung mit den Ergebnissen sämmtlicher Forscher, welche sich ihre Ansichten über die Ernährungsvorgänge der Cölenteraten nicht nach dem blossen Augenschein bildeten oder durch die beobachtete Verdauung einer reich enzymhaltigen Kost in den cölenterischen Räumen über den Verdauungsmodus entscheiden zu können glaubten, lehren meine Versuche, ausgeführt an Vertretern der verschiedensten Classen des Cölenteratentypus, dass eine Verdauung in dem Darme dieser Thiere mittelst enzymatischer Secrete nicht existirt. Alle die zahlreichen Angaben über die Verdauung von Krebsen, Muscheln und Fischen in den cölenterischen Räumen der Zoophyten, welche die Existenz von verdauenden Secreten darthun sollten, beweisen nur die Richtigkeit der mir von Prof. *Kühne* ausgesprochenen Vermuthung, dass die Cölenteraten vorzugsweise auf die En-

zyme ihrer Beute angewiesen sind, und dass nur mittelst dieser eine enzymatische Verdauung in den cölenterischen Räumen möglich ist. Der Organismus der Cölenteraten kennt nur eine Ernährung per resorptionem; er ist nicht befähigt, durch einen Verdauungssaft sich die enzymfreie, feste Kost selbst resorptionsfähig zu machen.

Im Anschluss an meine frühern Mittheilungen über die Ernährung bei den Ascidien sei bemerkt, dass mir mittelst des Glycerinauszuges der Nachweis eines peptischen (Wirkungslosigkeit auf rohes Fibrin in 0.2 pCt. HCl, 1 pCt. Milchsäure, 2 pCt. Essigsäure) und tryptischen (Wirkungslosigkeit in 2procentiger Sodalösung) Enzymes im Körpergewebe von Amarœcium aureum nicht gelang. Die Thiere mussten ihrer Kleinheit wegen in toto mit Glycerin verrieben werden, und das Dialysat dieses Extractes äusserte während zwei Stunden nur eine geringe diastatische Wirkung auf gekochte Stärke. Durch die Stöcke hindurchgezogene Fibrinfäden erfuhren nach 4—6 Tagen keine enzymatische Veränderung.

Das Glycerinextract des Darmes[1]) von Echinus esculentus verhält sich ähnlich wie das von den untersuchten Toxopneustesarten. Es verdaute rohes Fibrin im Laufe von etwa 4—6 Stunden in 2procentiger Sodalösung; in 0.2procentiger HCl, 2procentiger Weinsäure, wie 1procentiger Milchsäure wurde rohes Fibrin gleichfalls in wenigen Stunden verdaut. Der Verdauungssaft von fast neutraler, jedenfalls nicht saurer Reaction zeigte dasselbe Verhalten, nur in ausgeprägterem Grade. Schon nach 1—2 Stunden war in 0.1—0.2procentiger HCl und in thymo-

[1]) Nach *Valentin* (l'Anatomie du genre Échinus. Neuchâtel, 1842. 4e Livraison des Monographies d'Échinodermes. Tab. VII, Fig. 126, 131 und 133) besitzen die Darmwandungen von Echinus ein ähnliches inneres, aus Leberzellen gebildetes Epithelium wie die Darmwände der Lumbricinen.

image
not
available

Notizen zur Anatomie und Physiologie der Netzhaut.

Macula lutea und Fovea centralis.

Neue Gelegenheit *Horner*'s Bemerkungen über das Aussehen der Fovea centralis in situ zu bestätigen, gewährten mir zwei am 5. Nov. aus bewährter Quelle, der ich abermals zu grossem Danke verpflichtet bin, empfangene Augen eines 51jährigen gelähmten Blödsinnigen. Derselbe war am 4. Nov. Mittags im verdunkelten Zimmer gestorben und die Section hatte Erscheinungen tertiärer Lues mit diffuser Hirnsclerose ergeben. Die Augen waren am Tageslichte exstirpirt, aber mit geringstem Zeitverluste in ein schwarzes Glas und in Eis verpackt worden. Als ich sie erhielt, war die Cornea von normaler Durchsichtigkeit.

Eins der Augen vor Natronlicht eröffnet, zeigte die Retina faltenlos, sehr leicht vom Epithel, vom Glaskörper dagegen nicht trennbar, am gewöhnlichen Lichte rosa, mit der bekannten gegen den Aequator zunehmenden Färbung und einer äusserst intensiv grünlichgelben Macula, worin die Fovea ein sehr kleines, farbloses Pünktchen bildete; die Stäbchen und Zapfen waren überall vollkommen erhalten und frei von Epithelpigment.

Das andere am Tageslichte untersuchte Auge sah leuchtend roth aus, wenn man es mit der gesäuberten Sclera gegen das Licht gewendet durch die Cornea betrachtete. Wie die Iris von ungewöhnlich heller, wasserblauer Farbe war, so enthielten das Retinaepithel und die Chorioïdes sehr wenig dunkles Pigment und einzelne Stellen des Hintergrundes waren so hell, dass man im eröffneten Auge das leichte Rosa des noch erhaltenen Stäbchenpurpurs deutlich davor bemerken konnte. Selbst an den dunkleren Stellen machte sich der feine von Sehpurpur gefärbte Schleier geltend, denn es war gar nicht schwer, zwei aus der vorderen Hälfte des ersten, im gelben Lichte präparirten Auges geschnittene Stücke, denen die Retina noch fest anlag, nach gehöriger Belichtung des einen zu unterscheiden, indem man dessen helle nussbraune Farbe mit der mehr chocoladeähnlichen des dunkel gehaltenen verglich.

In dem in Salzwasser liegenden Augengrunde war trotz der Bedeckung durch den auch hier unlösbar mit der Netzhaut verbundenen Glaskörper die Gegend des gelben Fleckes sofort zu erkennen und die Fovea centralis mit grösster Deutlichkeit sichtbar. Die erstere wurde durch stärker braune Pigmentirung bezeichnet, worin die Fovea als ein noch dunkleres, intensiv rothbraunes Pünktchen auffiel. Da sich die stärkere Pigmentirung hinter

der Retina nicht ganz so weit in der Richtung zur Papille erstreckte, als das Gelb der Macula, so war es ausserdem möglich, in dieser Gegend etwas von der letzteren charakteristischen Farbe in situ zu erkennen. Nachdem einige competente Beobachter dem Befunde zugestimmt und wir uns überzeugt hatten, dass das ungeschwächte Licht der Mittagssonne nichts an der Erscheinung änderte, hob ich die Netzhaut bis zum Papillenansatze von der Unterlage empor; man sah darauf die ganze Macula lutea in der flottirenden Membran mit gelber Farbe hervortreten und die Fovea, je nachdem Licht durchfallen konnte oder mittelst der dunkeln Hohlschale des Auges abgehalten wurde, dunkel oder hell zum Vorschein kommen. Wiederholt gelang es hierauf die Netzhaut so vollkommen an ihren ursprünglichen Platz zurücksinken zu lassen, dass alle Theile der Macula, mit Ausnahme der erwähnten, sogleich als gelb erkannten Stelle, nicht mehr gelb, sondern braun erschienen und die Fovea so dunkelrothbraun, wie ursprünglich. Als die Retina später von der Papille abgeschnitten, gänzlich herausgenommen worden, erwies sie sich unversehrt und in der Fovea continuirlich mit kaum veränderten Zapfen besetzt.

In dem von der Netzhaut befreiten Augengrunde blieb der dem gelben Flecke entsprechende Ort noch durch stärkere braune Pigmentirung kenntlich, aber es war darin kein kleineres, etwa noch tiefer gefärbtes Pünktchen, das der Fovea entsprochen hätte, zu bemerken, und als ich das Epithel nach zweitägigem Liegen des Präparates in *Müller*'scher Flüssigkeit in Gestalt eines gut zusammenhängenden, fast die ganze Unterlage der Macula darstellenden Plättchens von der Chorioïdes abhob, fand ich darin den Ort der Fovea wohl durch die nach einem entsprechenden Punkte hin immer kleiner werdenden Epithelzellen, aber nicht durch zunehmendes oder tiefer gefärbtes Pigment bezeichnet. Sämmtliche, selbst die kleinsten Epithelzellen zeigten einen centralen, vom Kerne herrührenden hellen Fleck. Die von dem retinalen Epithel vollkommen befreite Chorioïdea erwies sich überall ausserordentlich schwach oder kaum pigmentirt; doch blieb auch an dieser die Gegend der Macula als ein diffuses etwas dunkleres Fleckchen kenntlich, in welchem ein noch dunkleres centrales Pünktchen wiederum nicht zu entdecken war.

Nach diesen Beobachtungen beruht die Unsichtbarkeit der Maculafarbe in situ nur auf der ungünstigen Lage des durchsichtigen gelben Farbstoffs vor dem dunkeln Hintergrunde, denn wo der letztere weisslich genug ist, kommt das Gelb auch in der noch durchsichtigen, faltenlosen Netzhaut und vor dem Abheben zum Vorschein, während es im Uebrigen nach Belieben verschwindet, wenn sich dieselbe ungetrübte Retina wieder innig an das Pigmentlager schmiegt. So lange nicht nachgewiesen ist, dass eine aus dem lebenswarmen Auge schleunigst hervorgehobene Netzhaut der gelben Farbe im Umkreise der Fovea entbehrt, fehlt jeder Grund, den Farbstoff für ein cadaveröses Zersetzungsproduct zu halten und man wird sich inzwischen um so mehr dabei beruhigen dürfen, als kürzlich *Ewald* (vergl.

Bd. II, S. 241) ein entoptisches Bild von gelber Farbe entdeckte, das den Fixirpunkt einnahm. Der Fovea centralis endlich kommt weder ein eigener Farbstoff zu, noch beruht die dunkle Färbung, in welcher sie in situ erscheint, auf stärkerer Pigmentirung ihrer Unterlage; das natürliche Aussehen der Fovea ist also wesentlich bedingt durch die grösste Durchsichtigkeit dieser Netzhautstelle, und kann daher in der Leiche nicht durch Lichtwirkung in der Zapfenschicht, sondern nur durch solche Vorgänge verändert werden, welche die Retina trüben oder vom Epithel trennen.

Netzhautpigmente der Raubvögel.

Milvus regalis. Eine Gabelweihe 8 Tage im Freien im mit Glas gedeckten Käfige, zuletzt vor dem Tode im Dunkeln gehalten, zeigte eigenthümlich violettbraune Retina, deren Farbe am Tageslichte schnell etwas abnahm, jedoch nur in blasseres, an der Sonne noch bräunlich bleibendes Chamois überging. Bei der mikroskopischen Untersuchung war an den Stäbchen Färbung nicht mehr mit Sicherheit zu constatiren, entweder weil dieselbe überhaupt zu schwach war oder wegen der Nachbarschaft ausserordentlich zahlreicher Zapfen mit sehr intensiv gefärbten Kugeln. Fast überall und besonders in einem bedeutenden Flächenraume um das Centrum des Augengrundes fiel dieser Reichthum an Zapfen auf; die Kugeln waren purpurn bis rubinroth, orange, gelbgrün und grasgrün, nirgends farblos, an der Peripherie beträchtlich grösser, als in den viel schmäleren Zapfen der centralen Bezirke. Anscheinend farblose, in sehr geringer Menge vorhandene, zugleich besonders kleine Zapfenkugeln zeigten genauer oder mehr isolirt in zerzupften Objecten betrachtet noch schwache aber unverkennbar grüne Färbung, und ebenso untersucht liessen die mir bisher bei anderen Vögeln nicht vorgekommenen gesättigt grünen Kugeln keinen Zweifel über die Existenz eines eigenen, rein grünen Farbstoffs in dieser Netzhaut. Die ziemlich langen und kräftigen Stäbchen fand ich an der Peripherie anscheinend ohne Regel zwischen den Zapfen stehend, dann in Kränzen, ähnlich wie beim Menschen um einzelne, hier um Gruppen der bunten Zapfen angeordnet, nächst dem Centrum wieder regellos und ganz im Centrum, wie mir schien, nicht mehr auftretend. Einzelne mit Pigmentepithel behaftete Stellen der Netzhaut glatt gegen ein gestütztes Deckglas ausgebreitet zeigten die Zellmosaik von grösster Regelmässigkeit, aber durch dieselbe nur Stäbchen, nirgends Zapfen durchschimmernd, so dass trotz des ziemlich hellen Bildes keine Spur des unvergleichlich farbenprächtigen Anblickes, welchen diese Netzhaut nach Entfernung des Epithels gewährt, wahrzunehmen war. Die Epithelien enthielten keine Fettkugeln und keine anderen Pigmente, als die bekannten tiefbraunen, kleinen Nadeln; ebenso fehlten myelinartige, in Galle lösliche Einlagerungen in den farblosen Hüten, deren Inhalt im Uebrigen glänzend und streifig aussah.

In der Erwartung die Retina der Weihe der des Falken etwa ähnlich zu finden, hatte ich das Thier genau 30 Minuten vor der Untersuchung ins Dunkle gebracht, um eine der Proben, die ich mir zur Feststellung der Regenerationszeit des Sehpurpurs bei den Vögeln vorgenommen, auszuführen. Wenn der Befund daher noch Zweifel an der Existenz des Sehpurpurs lässt, insofern die Stäbchenfarbe noch nicht vollständig wieder hergestellt sein konnte, so ist dies um so mehr zu bedauern, als andernfalls bei diesem Raubvogel eine Netzhaut aufgefunden wäre, deren Sehzellen ohne Ausnahme Färbung besitzen. Lichtempfindlichkeit war an den Zapfenkugeln (mit Einschluss der grünen) in 2 Tagen bei trübem Wetter nicht zu bemerken.

Heteroaëtos melanoleucus, junger Aguya von Valparaiso, im zoologischen Garten zu Hamburg zufällig schwer beschädigt, dort im Dunkeln getödtet und mit lichtdicht verbundenem Kopfe versendet. Das Auge dieses Adlers gleicht in der Gestalt dem der Gabelweihe, ist jedoch platter; die Retina, vor Natronlicht präparirt ist beinahe farblos, zeigt nirgends Spuren von Sehpurpur, vorwiegend Stäbchen von beträchtlicher Dicke und mässiger Länge, sämmtlich deutlich quergestreift oder im Plättchenzerfalle begriffen, die spärlichen Zapfen mit rubinrothen, brandrothen, orange, gelben und sehr blass bläulichgrünen Kugeln versehen, worunter die letzteren die kleinsten sind. Das Epithel enthält keine Fettkugeln und nur schwarzbraunes Pigment. Die Retina haftet fest am Glaskörper.

Nyctaëtos lacteus aus Afrika, durch dieselbe Veranlassung, wie der vorige von Dr. *Bolau* mir gütigst zur Verfügung gestellt, ein seit 12 Jahren im Hamburger Garten gehaltenes Prachtexemplar. Das Auge hat den trichterförmigen Bau, den Knochenring, die halbkugelige Cornea des Eulenauges und dunkelbraune Iris. Die fest mit dem Glaskörper verbundene Retina ist im Centrum völlig farblos, dabei weisslich opak, am Rande hingegen so tief purpurn, wie ich sie noch bei keinem Thiere gesehen, wie mit dickem Kirschsafte bestrichen, aber weniger violet als bei andern Eulen. Die Farbe verging in mässiger Nachmittagsbeleuchtung (9. Nov. 3 Uhr) ziemlich langsam, aber vollständig unter Uebergang durch Rosa, Chamois und bald schwindendes Gelb. Ueberall fanden sich vorwiegend Stäbchen von derselben beträchtlichen Länge, etwa wie bei unsern einheimischen Eulen, aber von mindestens doppelter Dicke, sehr wenige Zapfen und in diesen ausschliesslich äusserst blasse, kaum bemerkbar grünlichblau gefärbte Kugeln. Das Epithel enthielt ausser reichlichem braunem Nadelpigment farblose Kugeln vom Glanze des Fettes, die sich in Alkohol-Aether, nicht in Galle, lösten. Das eigenthümlich opake Aussehen der Netzhaut fand ich bedingt durch massenhafte markhaltige, varicöse Nervenfasern in den vorderen Schichten.

Nach dem ganzen Befunde ist kaum zu bezweifeln, dass die Netzhaut nach längerem Dunkelaufenthalte, als dem wahrscheinlich gewährten[1]), überall

[1]) Die Thiere waren, wie mir später mitgetheilt wurde, nur 10 Min. im Dunkeln gewesen.

so purpurn geworden wäre, wie an der im Allgemeinen besser vor Licht geschützten Peripherie und dass die dort zur Beobachtung gekommene intensivere Färbung noch nicht einmal die Sättigung der Stäbchen mit unzersetztem Sehpurpur, namentlich nicht den vermuthlich tief violetten Zustand dargestellt habe, welcher dem von Sehgelb freien Purpur dieses Thieres entsprechen würde. Im Dunkelauge dieses Nachtvogels dürfte die Farbe der Retina etwa der des Heidelbeersaftes gleichkommen.

Strix flammea. L. todt, aber noch warm in der Dämmerung erhalten, bis zum andern Morgen im Dunkeln kalt conservirt. Die Netzhaut wird schon matschig und vom Glaskörper leicht trennbar gefunden, von violetter Farbe, mit sehr langen, feinen Stäbchen, mässig reichlichen und, wie es scheint, im Centrum am weitesten von einander entfernten Zapfen, deren Kugeln eben bemerkbar gelblichgrün erscheinen. Auffallender Weise verwandelte sich der Sehpurpur am Tageslichte nicht in Gelb, sondern in eine braunröthliche Burgunderfarbe, welche sehr langsam und ohne Durchgang zu andern, namentlich keiner gelben Nuance, allmälich vollkommen schwand. Da ich die Erscheinung auch am mikroskopischen Objecte, wo sich viele Stäbchen zu stärkeren Klumpen zusammengeballt hatten, verfolgen konnte und sie an Stellen sah, die ganz frei von Epithelpigmenten waren, so sind Täuschungen durch diese ausgeschlossen und deutet die Beobachtung auf eine chemische Verschiedenheit dieses Sehpurpurs von dem der übrigen Eulenarten.

Das Epithel enthielt ausser dem braunen Pigmente im hinteren Theile der Zellen massenhaft abgelagert, orangefarbene eckige Pigmentkörnchen, an wenigen Stellen auch tiefgelbe Fetttropfen. Alkohol verwandelte einen Theil der Körnchen in orangefarbene, etwas größere Kugeln, während Aether diese und sämmtliche amorphen Farbekörnchen auflöste.

Bubo virginianus. Gmel., aus Maracaïbo, älteres Exemplar, seit dem 27. Nov. im Hellen gehalten, in der Frühdämmerung am 1. Dec. nach plötzlich eingetretener Kälte todt gefunden, darauf sogleich ins Dunkle gebracht. Das grosse Auge, mit hellgelber Iris, liefert die Retina am Glaskörper haftend, von prachtvoller, tief purpurbrauner Farbe, welche am Lichte schnell in chamoisbraun, gelb und schiefergrau übergeht. Die mikroskopische Untersuchung zeigt zwischen den ausserordentlich langen und dünnen rosenrothen Stäbchen überall feine, ungewöhnlich lange Nadeln des braunen Epithelpigmentes, so dass die Zapfen erst nach dem Zerfasern oder durch Druck auf das Object sichtbar werden. Die Zahl der letzteren ist sehr gering und es zeigen die an der Wurzel ihrer Aussenglieder gelegenen, auffallend kleinen Kugeln nur sehr schwache hellgelbe Färbung, andere einen kaum wahrnehmbaren grünlichblauen Schein. Das Retinaepithel erweist sich als sehr kleinzellig und führt ausser dem genannten schön krystallinischen, braunen, nur an wenigen Stellen etwas gelbes körniges Pigment.

Vorkommen der Sehleiste.

Bd. 1, S. 79 berichtete ich, dass sich etwas dem tiefpurpurnen Horizontalstreifen der Kaninchennetzhaut Aehnliches in manchen Thieraugen angedeutet finde. Da die Sehleiste inzwischen morphologisches Interesse erregt hat (vergl. *L. Lœwe* Arch. f. mikr. Anat. XV. 4, S. 588 u. 589) werden die folgenden Notizen willkommen sein.

Die in Salzwasser herausgenommene Netzhaut des Ochsen erscheint in zwei Hälften ungleich intensiver Purpurfärbung geschieden, wovon die den Sehnerven einschliessende kleinere die hellere ist; eine scharfe Linie ohne Einbiegungen bildet weit nach vorne reichend die Grenze, welche dem zur Papille gewendeten Rande des glänzenden Tapetum genau zu entsprechen scheint. Tritt der Opticus oberhalb des hinteren Poles in den Bulbus, so ist die stärker gefärbte Retinahälfte die untere. In diesem Abschnitte nimmt der Purpur nach der Peripherie hin allmählich, aber sehr unbedeutend ab und in der Färbung der Stäbchenschicht ist keine weitere Andeutung zu bemerken, welche den übrigen weniger regelmässigen Grenzen zwischen dem irisirenden und dem schwarzen Grunde entspräche.

Nachdem mir mitgetheilt worden, dass der verstorbene Dr. *C. Sachs* die bis jetzt nur vom Kaninchenauge beschriebene Sehleiste später im Ochsenauge entdeckte, sah ich mir die Augen einiger etwa 1 Stunde vor dem Schlachten mit Augenbinden versehener Rinder wieder darauf an und fand, dass man an Alaunpräparaten an der erwähnten Grenze auch einen tiefer purpurnen Streifen sehen kann, der sowohl nach oben, wie nach unten, obschon in der letzten Richtung schwächer, so dass es an durchsichtigen, in Salzwasser flottirenden Netzhäuten nicht auffällt, sich abgrenzt. Besonders deutlich wird der Streif an Netzhäuten, welche faltenlos auf die convexe Seite eines Porzellanschälchens passender Größe, das unten emaillirt sein muss, angetrocknet sind und man sieht daran auch nach oben hin eine sehr schwache, wallartige Erhebung. Soweit die untere diffuse Grenze des Bandes es zuliess, mass ich die Breite des Streifens = 3 mm. Bei der Lichtbleiche erhielt sich derselbe erst lange als ein schmales, gelbes Band, nach dessen gänzlichem Erblassen nur die obere Grenze als schwache Erhebung grade noch kenntlich blieb, wenn man die Fläche spiegelnd am Lichte bewegte.

Im Auge des Schweins, das des glänzenden Tapetums bekanntlich entbehrt, vermochte ich keine eigentliche Sehleiste zu erkennen, obgleich zuzugeben ist, dass die obere Netzhanthälfte um ein sehr Geringes schwächer purpurn aussieht, als die untere. Häufig aber bemerkte ich in der sonst von der Sehleiste eingenommenen Zone einen sehr schwach bräunlichen, linearen Schatten, der von den zurückgebliebenen Fortsätzen des Pigmentepithels zwischen den Stäbchen herrührte und eine ähnliche, durch denselben Umstand bedingte, nicht so regelmässige und weniger continuirliche Zeichnung, welche der halbmondförmigen Figur eines unteren Tapetalrandes ganz entsprochen haben würde. Da es an Andeutungen über örtliche Verschiedenheiten des Retinaepithels und des Augengrundes solcher Augen, denen kein

besonderes glänzendes Tapetum mit pigmentfreiem Epithel zukommt, nicht fehlt, so wird das genannte Verhalten der Netzhaut des Schweines nicht beziehungslos sein.

Aehnlich wie beim Ochsen ist die Sehleiste des Hammels, sie reicht hier dem oberen Rande des bläulich schillernden Tapetums entsprechend, bis hart an die Papille, zeigt jedoch nach dieser Seite, wo die Netzhautfläche weniger intensiv gefärbt ist, als unter dem Horizonte, eine etwas diffuse Grenze. Das tiefer gefärbte, nach unten noch weniger scharf absetzende Band, an welchem keine leistenartige Verdickung zu erkennen war, hat mindestens die Breite des im Rindsauge gemessenen. An Alaunpräparaten erscheint der Purpur der Hammelnetzhaut intensiver, als beim Rinde und dem Schweine, von mehr violetter Nuance; ausserdem fiel das äusserst feste Haften des Glaskörpers auf, das vollkommene Entfernung von der Netzhaut und glattes Ausbreiten dieser auf convexer Unterlage unmöglich machte.

Die Retina des Hundes besitzt eine zwar feine, nur $^1/_2$ mm breite, aber recht deutlich auftretende Sehleiste, deren beide Grenzen sich etwa gleich scharf gegen den überall fast gleichmässig purpurnen, nur nach oben unbedeutend helleren Netzhautgrund abheben. Das Band, an welchem ohne weitere Hilfsmittel keine Verdickung der Retina zu erkennen ist, verläuft genau vor der oberen Grenzlinie des silberglänzenden Tapetum, scheint aber, wie auch beim Ochsen und dem Hammel, weiter nach vorn zu reichen, als diese. Die untere Tapetalgrenze sah ich auf der an Blutgefässen mässig reichen Netzhaut nicht abgeprägt, als ich aber die Augen im Hellen gehaltener Hunde in Alaun härtete und deren im Leben entpurpurte Retinae herausnahm, fand ich das gesammte Tapetalepithel, soweit es pigmentfrei ist, in Gestalt eines gelblichen, von der Rückseite nicht glänzend erscheinenden Belages an der Stäbchenschicht haftend, so dass der entleerte Augengrund jetzt an Stelle des bekannten silberähnlichen Tapetums nur einen weit kleineren, diffusen und durchaus nicht irisirenden, hellen Fleck in der Chorioïdes aufwies. Von dem schwarzbraun pigmentirten Epithel war an der überall leicht abzuhebenden Netzhaut Nichts hängen geblieben.

Bei einer 2 Tage im Dunkeln gehaltenen jungen Katze fand ich die etwa $^1/_2$ mm. breite Sehleiste dem oberen Rande des Tapetums, das hier mit einer Ausbuchtung die Papille einschliesst, nicht ganz entsprechend, unter der letzteren nach oben deutlich begrenzt, verlaufend und keine Unterschiede der allgemeinen Purpurfärbung in der oberen und unteren Fläche der Retina; dagegen war die Leiste in beiden Augen symmetrisch schläfenwärts erheblich schwächer gefärbt und weniger deutlich.

Sollten eingehendere Untersuchungen, die mir jetzt leider unmöglich sind, ergeben, dass der purpurreichere Streif im Auge nicht überall eine Verdickung der Netzhaut darstellt, so würde der Name Sehgürtel geeigneter sein, als der bisherige. *W. K.*

Digitized by Google

In **Carl Winter**'s Universitätsbuchhandlung in Heidelberg ist soeben erschienen:

Lehrbuch der Gährungschemie

in 13 Vorlesungen, als Einleitung in die Technologie der Gährungsgewerbe im Anschluß an sein

Lehrbuch der Agrikulturchemie

in 40 Vorlesungen zum Gebrauche an Universitäten und höheren landwirthschaftlichen Lehranstalten, sowie zum Selbststudium

von

Dr. Adolf Mayer,

Professor an der Rijkslandbouwschool und Vorstand der landwirthschaftlichen Versuchsstation zu Wageningen (Holland).

Mit 24 Abbildungen in Holzschnitt.

Dritte umgearbeitete Ausgabe.

Lex. 8. brosch. 6 M.

Inhalts-Verzeichniss.

I. *Einleitung.* Ueberblick. *Geschichtliche Entwickelung des Begriffs „Gährung“.* Begriff von Gährung und von Ferment. *Fermentwirkungen.* Diastase etc. Chemismus der Fermentwirkungen. Recapitulation. — **II.** *Die chemischen Vorgänge bei der alkoholischen Gährung.* Historisches. Pasteur's Arbeiten. Neuere Arbeiten. Das Gährungssubstrat. Recapitulation. — **III.** *Die Ursächlichkeit der alkoholischen Gährung.* Historisches. Schwann's Versuche. Angriffe auf die vitale Theorie. Liebig's Theorie. Andere Anschauungen. — **IV.** *Die Ursächlichkeit der alkoholischen Gährung* (Schluß). Vorläufer Pasteur's. Pasteur's Arbeiten. Van den Broek. Angriffe der mechanischen Theorie. Neueste Arbeiten. Resultate. — **V.** *Die Frage nach der Möglichkeit einer Urzeugung.* Stand der Frage im 18. Jahrhundert. Gegenwärtiger Stand. Resumé. — **VI.** *Beschreibung der Hefeorganismen.* Irrthümliche Anschauungen. Der Pilz der Bierhefe. Pilze der Weinhefe. Weitere *Saccharomyces*-Arten. Fructification der Hefepilze. Die Frage nach dem Pleomorphismus. *Mucor*-Hefe. Resultate. — **VII.** *Die chemische Zusammensetzung der Hefepilze.* Hefeanalysen. Fäulnißproducte der Hefe. *Die Hefevermehrung.* Scheinbare Verminderung. Pasteur's Versuche. Größe des Zuwachses. *Die Ernährung der Hefepilze.* — **VIII.** *Der Stickstoffbedarf des Hefepilzes.* Die Ammoniaksalze als Stickstoffquelle. Die besten stickstoffhaltigen Nahrungsstoffe. Der Stickstoffumsatz. Resultate. — **IX.** *Der Bedarf der Hefepilze an Aschenbestandtheilen.* Methoden der Beweisführung. Die nothwendigen Bestandtheile. *Sonstige Lebensbedingungen der Hefepilze.* Der Wasserbedarf der Hefezellen. Temperaturbedürfnisse. Resultate. — **X.** *Der Sauerstoffbedarf der Hefepilze.* Die innere Athmung. *Die Selbstgährung der Hefe. Allgemeine Schlußfolgerungen.* — **XI.** *Andere Gährungsprocesse.* Die Essiggährung. Resultate. — **XII.** *Eintheilung der Gährungsorganismen.* Schimmelpilze, Sproßpilze und Spaltpilze. Der Artbegriff bei den niedrigsten Organismen. Das Leben der Spaltpilze. — **XIII.** *Allgemeine Gesichtspunkte in der Chemie der Gährungen.* Gährungen von fetten Säuren. Gährungen von Alkoholen. Gährung von Harnstoff. Secundäre Gährungsacte. Oxydationsgährungen. Chemie der Fermentvorgänge. Milchsäuregährung. *Schluß.* Mycoderma vini. Andere Gährungserscheinungen.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

BAND II. HEFT 4.

8. ERGÄNZUNGSHEFT ZU DEN VERHANDLUNGEN DES NATURHISTORISCH-MEDICINISCHEN VEREINS ZU HEIDELBERG.

INHALT.

ZUR VERDAUUNG BEI DEN FISCHEN von C. FR. W. KRUKENBERG. 385. — ÜBER DIE VERDAUUNGSVORGÄNGE BEI DEN CEPHALOPODEN, GASTROPODEN UND LAMELLIBRANCHIATEN von C. FR. W. KRUKENBERG. 402. — NOTIZEN ZUR LITERATUR ÜBER DIE VERGLEICHENDE PHYSIOLOGIE DER NUTRITIONSPROCESSE von C. FR. W. KRUKENBERG. 418. — ÜBER DIE ENTSTEHUNG VON HYPOXANTHIN AUS EIWEISSSTOFFEN von R. H. CHITTENDEN, PH. B. (aus New-Haven. Conn. U.-S. A.). 424. — ZUR CHEMIE DER DESCEMET'SCHEN MEMBRAN von H. F. A. SASSE, cand. med. aus Zaandam. 433. — BEITRÄGE ZUR HISTOCHEMIE DES SEHEPITHELS von R. H. CHITTENDEN. 438. — ZUM CHEMISCHEN VERHALTEN DES SEHPURPURS von W. C. AYRES. 444. — BEOBACHTUNGEN ÜBER DIE ABSONDERUNG DES PANKREAS von W. KÜHNE und A. SH. LEA, mitgetheilt von W. KÜHNE. 448. — BEMERKUNGEN ZU HERRN HOPPE-SEYLER'S DARSTELLUNG DER OPTOCHEMIE von W. KÜHNE. 488.

MIT 2 HOLZSCHNITTEN UND 5 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1882.

Diese Untersuchungen erscheinen in zwanglosen, auch einzeln käuflichen Heften, deren vier einen Band bilden.

Erschienen sind bereits:

Band I. Heft 1. Inhalt: Zur Photochemie der Netzhaut (2. Abdruck) von W. Kühne. — Ueber den Sehpurpur von W. Kühne. — Mit 1 Tafel. gr. 8°. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heft 2. Ueber die Verbreitung des Sehpurpurs im menschlichen Auge von W. Kühne. — Weitere Beobachtungen über den Sehpurpur des Menschen von W. Kühne. — Zur Chemie der Altersveränderungen der Linse von Dr. med. M. Knies. — Das Sehen ohne Sehpurpur von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur von A. Ewald und W. Kühne. — Kurze Anleitung zur Verwendung der Verdauung in der Gewebsanalyse von W. Kühne. — Mit 4 Holzschnitten. gr. 8°. brosch. 4 M.

Heft 3. Ueber die Darstellung von Optogrammen im Froschauge von W. Kühne. — Eine Beobachtung über das Beleuchten der Insectenaugen von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur. (Fortsetzung von Heft 2.) Von A. Ewald und W. Kühne. — Erfahrungen und Bemerkungen über Enzyme und Fermente von W. Kühne. — gr. 8°. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heft 4. Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen von C. Fr. W. Krukenberg. — Ueber lichtbeständige Farben der Netzhaut von W. Kühne. — Untersuchungen über den Sehpurpur (Schluss) von A. Ewald und W. Kühne. — Bemerkungen über den Nachweis von Enzymen in der Unterkieferdrüse des Kaninchens von J. N. Langley. — Zur Physiologie der Speichelabsonderung von J. N. Langley. — Mit 6 Tafeln. gr. 8°. brosch. 8 M. 80 Pf.

Band II. Heft 1. Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge von C. Fr. W. Krukenberg. — Beobachtungen über Druckblindheit von W. Kühne. — Ueber die Stäbchenfarben der Cephalopoden von C. Fr. W. Krukenberg. — Erwiderung auf einen Angriff des Herrn Hoppe-Seyler von W. Kühne. — Beobachtungen an der frischen Netzhaut des Menschen von W. Kühne. — Ueber Sehpurpur und Retinaströme von Frithiof Holmgren. — Fortgesetzte Untersuchungen über die Retina und die Pigmente des Auges von W. Kühne. — Mit 3 Tafeln. gr. 8°. brosch. 7 M.

Heft 2. Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders von Dr. Th. Rumpf. — Zur Histologie der motorischen Nervenendigung von W. Kühne. — Ueber Regeneration des Sehpurpurs beim Säugethiere von W. C. Ayres und W. Kühne. — Ueber die entoptische Wahrnehmung der Macula lutea und des Sehpurpurs von Dr. August Ewald. — Notiz über die Wirkung des Silbernitrats auf die Nervenfaser von L. v. Morochowetz. — Zur Abwehr einiger Irrthümer über das Verhalten des Sehpurpurs (von W. Kühne). — Notiz über die Netzhaut der Eule (von W. Kühne). — gr. 8°. brosch. 6 M.

Heft 3. Zur Verdauung bei den Krebsen von C. Fr. W. Krukenberg. — Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten und im Eidotter vom Huhne von C. Fr. W. Krukenberg. — Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eisen in den Concretionen aus dem Bojanus'schen Organe von Pinna squamosa Gm. von C. Fr. W. Krukenberg. — Zur Dünndarmverdauung von Dr. med. A. Masloff. — Zur Degeneration durchschnittener Nerven von Dr. Th. Rumpf. — Ueber das braune Pigment des Auges von Dr. Karl Mays. — Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefässen der Evertebraten von C. Fr. W. Krukenberg. — Nachtrag zu den Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei Cölenteraten und Echinodermen von C Fr. W. Krukenberg. — Notizen zur Anatomie und Physiologie der Netzhaut. — gr. 8°. brosch. 3 M. 60 Pf.

Heft 4. Zur Verdauung bei den Fischen von C. Fr. W. Krukenberg. — Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten von C. Fr. W. Krukenberg. — Notizen zur Literatur über die vergleichende Physiologie der Nutritionsprocesse von C. Fr. W. Krukenberg. — Ueber die Entstehung von Hypoxanthin aus Eiweissstoffen von R. H. Chittenden. Ph. B. (aus New-Haven. Con. U.-S. A.). — Zur Chemie der Descemet'schen Membran von H. F. A. Sasse, cand. med. aus Zaandam. — Beiträge zur Histochemie des Sehepithels von R. H. Chittenden. — Zum chemischen Verhalten des Sehpurpurs von W. C. Ayres. — Beobachtungen über die Absonderung des Pankreas von W. Kühne und A. Sh. Lea, mitgetheilt von W. Kühne. — Bemerkungen zu Herrn Hoppe-Seyler's Darstellung der Optochemie von W. Kühne. — Mit 2 Holzschnitten und 5 Tafeln. gr. 8°. brosch. 7 M. 40 Pf.

Band III. Heft 1/2. Ueber das Verhalten des Muskels zum Nerven von W. Kühne. — Beobachtungen über markhaltige und marklose Nervenfasern von W. Kühne und J. Steiner. — Histochemische Untersuchungen über das Sarkolemm und einige verwandte Membranen von R. H. Chittenden. Ph. B. (aus New Haven. Conn. U. S. A.) — Notiz über die Netzhautfarbe belichteter menschlicher Augen. — Mit 7 Holzschnitten und 2 Tafeln. gr. 8°. brosch. 8 M. 80 Pf.

Heft 3/4. Vergleichend-physiologische Beiträge zur Chemie der contractilen Gewebe von C. Fr. W. Krukenberg. — Zur Physiologie des Sehepithels insbesondere der Fische von W. Kühne und H. Sewall (aus Baltimore). — Ueber die Retinaströme von Dr. Frithiof Holmgren. — Ueber das electromotorische Verhalten der Netzhaut von W. Kühne und J. Steiner. — Ueber die Wirkung von Trypsin in Säuren und von Pepsin und Trypsin aufeinander von Dr. Karl Mays. — Zur Wirkung des Curare von J. Steiner. — Verhalten des Sehpurpurs gegen dunkle Wärmestrahlen von Ferd. Klug. — Mit 5 Holzschnitten und 1 lithographirten Tafel. gr. 8°. brosch. 8 M. 20 Pf.

Band IV. Heft 1/2. Ueber den Modus der Nervenverbreitung im electrischen Organ von Torpedo und die Bedeutung desselben für die Physiologie der Entladung des Organs von Dr. August Ewald. — Untersuchung der Fleischextracte verschiedener Fische und Wirbellosen von C. Fr. W. Krukenberg. — Ueber electrische Vorgänge im Sehorgane von W. Kühne und J. Steiner. — Mit 13 Holzschnitten und 4 Tafeln. gr. 8°. brosch. 9 M.

Heft 3. Beiträge zur Optochemie von W. Kühne. — Ueber die Verbreitung des Guanin, besonders über sein Vorkommen in der Haut von Amphibien, Reptilien und von Petromyzon fluviatilis von A. Ewald und C. Fr. W. Krukenberg. — Ueber chemische Reizungen, nach Versuchen von stud. med. Curt Jani mitgetheilt von W. Kühne. — Ueber secundäre Wirkung vom Herzen auf Muskeln von Dr. R. J. Anderson aus Belfast. — Beobachtungen zur Anatomie und Physiologie der Retina von W. Kühne. — Mit 1 Tafel. gr. 8°. brosch. 6 M.

Heidelberg.

Carl Winter's Universitätsbuchhandlung.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

ZWEITER BAND.

UNTERSUCHUNGEN

AUS DEM

PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTE

DER

UNIVERSITÄT HEIDELBERG.

HERAUSGEGEBEN

VON

DR. W. KÜHNE,

O. Ö. PROFESSOR DER PHYSIOLOGIE UND DIRECTOR DES PHYSIOLOGISCHEN INSTITUTS.

ZWEITER BAND.

MIT 9 HOLZSCHNITTEN UND 10 LITHOGRAPHIRTEN TAFELN.

HEIDELBERG.

CARL WINTER'S UNIVERSITÄTSBUCHHANDLUNG.

1882.

Alle Rechte vorbehalten.

Digitized by Google

Zur Verdauung bei den Fischen.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Die Ergebnisse früherer Untersuchungen[1]) über die Verdauungsvorgänge bei den Fischen lassen sich in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1) Die Verdauung der Eiweisskörper erfolgt durch Pepsin und Trypsin [beide Enzyme wohl identisch[2]) mit denen der Säuger], von welchen bald das eine, bald das andere fehlen kann.

2) Die Production dieser Enzyme besorgen Zellen der Darmwand und der Pylorialanhänge, die des Trypsins auch ein einheitliches oder diffuses Pankreas.

3) Findet sich eine Trypsin- und Pepsinbildung im Darmrohre vergesellschaftet, so liegt die trypsinbildende Zone anal-

[1]) Versuche zur vergleichenden Physiologie der Verdauung mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse bei den Fischen. Unters. a. d. phys. Inst. d. Univ. Heidelberg. Band I. S. 327.

Vergl. physiolog. Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Ibid. Bd. II. S. 41.

[2]) Nach *Pouchet* und *Tourneux* (Éléments d'histologie) vermag der Magensaft der Fische das Chitin der Crustaceen zu lösen. Ich konnte mit den sehr wirksamen Magenglycerinextracten verschiedener Selachier keine Wirkung auf Chitinstückchen von entkalkten Astacuspanzern erzielen, und so werden vielleicht von Fischen verschluckte Krebse, welche ihren Panzer bei kurz vorher erfolgter Häutung verloren hatten, diese Autoren zu ihrer Annahme verleitet haben.

wärts von der pepsinbildenden. Bei einigen Fischen vereinigen sich beide an der Begrenzungsschicht, und so entsteht oralwärts von der Einmündungsstelle des Gallenganges ein secretorischer Bezirk ohne morphologische Gliederung, welcher Pepsin und Trypsin bildet.

4) Bei einigen Selachiern sind die pepsinbildenden Drüsen nicht nur auf den Magen im Vorkommen beschränkt, sondern auch der Anfangstheil des Mitteldarms enthält pepsinbildende Zellen.

5) Die secretorische Function der Darmmucosa ist selbst bei nahe verwandten Fischen oft eine sehr verschiedene.

6) Die Mundschleimhaut und das Hepatopankreas sind bei einigen Fischen Bildungsstätten der Diastase.

An diese Ergebnisse knüpfen sich mehrere Fragen, welche bisher unberührt blieben oder nicht experimentell entschieden werden konnten. Ich entschloss mich desshalb, meine früheren Untersuchungen wieder aufzunehmen, um mit sorgfältig präparirtem Materiale meine bereits mitgetheilten Versuche zu wiederholen und auf weitere Arten auszudehnen.

Die Methoden, welcher ich mich bediente, sind von mir wiederholt beschrieben, so dass darüber nur weniges gesagt zu werden braucht. Eine besondere Sorgfalt verwandte ich auf die Organpräparation; denn seitdem durch *Legouis* umfassende anatomische Studien die Dissemination des Pankreas bei den Fischen erkannt ist, ist die absolute Reinigung des Darmrohres von seinen scheinbar rein bindegewebigen Adhärenzen zur Nothwendigkeit geworden, und seitdem wir wissen, dass die Galle oft eine tryptische Wirkung äussert, durfte die gründliche und anhaltende Reinigung der Darmmucosa durch fliessendes Wasser selbst auf die Gefahr hin, beträchtliche Mengen der Schleimhaut fortzuspülen, nicht unterlassen werden. Ich erkenne gern an, dass bei manchen meiner Versuche, wenn sie mit reichlicherem Material

hätten ausgeführt werden können, Enzyme dort nachweisbar gewesen wären, wo ich sie vermisste. So deutet z. B. der rasche Eintritt der Selbstverdauung am Darme von Mullus barbatus auf die Gegenwart von Trypsin in den Darmcontenten hin, dessen Nachweis mir in keinem Organauszuge dieses Fisches sicher gelingen wollte; auch bin ich nicht im Stande gewesen, bei Petromyzon fluviatilis aus Leber, Darm und seinen sonstigen Anhängen eiweissverdauende Auszüge zu gewinnen. Obgleich ich diese Versuche später an den (wie im ersten Falle) einem lebenden Thiere entnommenen Organtheilen mit demselben negativen Erfolge wiederholen konnte, will ich keineswegs behaupten, dass eiweissverdauende Secrete den Cyclostomen fehlen, sondern nur darauf hingewiesen haben, dass es auch hier, besonders bei den kleinen Formen oft eines grösseren Untersuchungsmaterials bedarf, und ein einziges zur Untersuchung verwandtes Exemplar nicht immer genügend ist. Das rasche Absterben der Gewebe, der Mangel grösserer Darmwindungen, die Kleinheit der Objecte erlaubt bei den Fischen nicht, sich der Methoden zu bedienen, welche bessere Aufschlüsse über die Enzymbildung in den einzelnen Theilen des Digestionstractus liefern könnten. Mögen manche der gewonnenen Resultate demnach nur einen geringen Anhaltspunkt für das Verständniss der Verdauungsvorgänge bei den Fischen abgeben, so war es doch nützlich, überhaupt zu versuchen, was sich in dieser Weise erreichen lässt, und trotz der Unvollkommenheiten ist, wie ich glaube, einiges durch diese Untersuchungen gewonnen.

Die Versuche wurden wie früher bei 38 bis 40° C. ausgeführt, denn ich konnte mich an einer grossen Anzahl von Fischen der verschiedensten Familien überzeugen, dass ein Enzym, welches bei gewöhnlicher Temperatur (20° C.) rascher als bei 38 bis 40° C. auf rohes oder gekochtes Fibrin, auf die einzelne Fibrinflocke oder auf grössere Fibrinmengen verdauend einwirkt,

bei den Fischen nicht zu finden ist [1]). Ich habe vorgezogen, in dieser Arbeit von meinen zahlreichen Versuchen über die diastatische Wirkung der Organauszüge nur die zu berücksichtigen, welche ich sowohl in Triest mit den wässrigen Extracten [2]) wie in Heidelberg mit den, wenn es des zwar immer nur sehr geringen Zucker- oder Peptongehaltes wegen erforderlich war, dialysirten Glycerinauszügen vornehmen konnte, und welche in beiden Fällen die nämlichen Resultate lieferten. Das gilt in gleicher Weise für die zu besprechenden negativen wie für die positiven Befunde. Mit den gekochten Auszügen wurden die Controlversuche ausgeführt, welche sowohl die Versuche über die fibrinverdauenden als auch die über die diastatische Wirkung begleiteten. Trat bei den fibrinverdauenden Versuchen eine Wirkung erst nach 8 — 12 Stunden ein, oder blieb sie bei Salicylsäure- resp. Thymolzusatz aus, so ist dieses Verhalten durch die Bezeichnung „Spuren“ in der zugehörigen Tabelle ausgedrückt. Alle mir zweifelhaft erscheinenden Ergebnisse sind im Texte wie in der Tabelle unberücksichtigt geblieben.

Bei einigen Fischen ist von mir die Gegenwart von Diastase

---

[1]) Aus früher (Unters. a. d. physiol. Inst. zu Heidelberg, Band II, S. 285) angegebenen Gründen sind die mit einzelnen Fibrinflocken im Reagensglase angestellten Verdauungsversuche sicherer als die mit grösseren Fibrinmengen. Die Versuche, welche ich vergleichsweise darüber mit den enzymatischen Auszügen bei den Fischen ausgeführt habe, lieferten stets die am wenigsten zweideutigen Resultate, wenn einzelne Fibrinflocken in langen Probirröhrchen der Verdauung unterworfen wurden. In der Mehrzahl der Fälle wurde desshalb die Versuchsanordnung ausschliesslich in dieser Weise vorgenommen.

[2]) Bei meinem ersten Aufenthalte am Meere war mir die Ausführung dieser Versuche wegen der Schwierigkeit, eine höhere constante Temperatur zu unterhalten, nicht möglich gewesen. Als ich bei meiner letzten Anwesenheit in Triest auf der k. zoologischen Station arbeitete, regulirte ich auf den Vorschlag von Herrn Geh. Rath Kühne die Temperatur des Wasserbades durch mehrere untergesetzte Nachtlichter, wodurch allen Anforderungen entsprochen werden konnte.

in der Mundschleimhaut nachgewiesen, und es musste mir besonders darum zu thun sein, die Zahl dieser Befunde durch Untersuchungen an anderen Fischen vermehrt zu sehen. Leider konnte ich nur Lophius piscatorius in dieser Beziehung untersuchen. Auch bei ihm fand ich in der sorgfältig gewaschenen Mundschleimhaut sehr reichlich Diastase[1]). Der wässrige Auszug derselben mit gekochter Stärke versetzt und bei 38° C. digerirt, erwies sich schon, als er nach ½ Stunde geprüft wurde, zuckerhaltig, während der mit dem gekochten Auszuge nebenhergehende Controlversuch keinen Zuckergehalt durch die *Trommer*'sche Probe erkennen liess. Auch das dialysirte Glycerinextract der Lophiusmundschleimhaut besass diastatische Wirkung, während in der gekochten und im übrigen ganz gleich zubereiteten Probe nach zweistündiger Digestion kein Zucker nachweisbar war.

Die folgenden Ergebnisse über die Fibrinverdauung —, von denen bemerkt sei, dass sie, wenn auch nicht immer an lebendem, so doch stets an frischem Materiale gewonnen sind, — wurden theils mit den Glycerinextracten (besonders dann, wenn eine peptische Wirkung zu erwarten war), theils mit wohl conservirten Alkoholpräparaten (zur Feststellung einer tryptischen Eigenschaft) erhalten, falls nicht die Wirkung des wässrigen Organauszuges am Meere sofort geprüft wurde. Durch einen Salicylsäure- resp. Thymolgehalt des Verdauungsgemisches an 1 pro m. wurde der Fäulniss vorgebeugt. Die Tabelle am Schlusse dieser Abhandlung resumirt meine Versuche, welche hier den von mir früher

[1]) Es sei erwähnt, dass sich nach Meckel (System der vergleichenden Anatomie. Band IV, S. 214) eine kleine, länglich runde, gelappte Drüse bei Lophius piscatorius dicht unter der Haut hinten an der weiten Kiemenöffnung befindet, welche nach diesem Autor vielleicht um so mehr als Speicheldrüse erscheint, als die Kiemenhöhle dieses Fisches ein Behälter seiner Beute ist.

mitgetheilten Schemata eingeordnet und etwas näher erörtert werden sollen.

Die interessante Thatsache, dass bei einigen Fischen sich die trypsinbildende Zone noch über den Pylorustheil des Magens hinaus oralwärts fortsetzt, ist von mir ausser bei Zeus faber, welchen ich abermals daraufhin untersucht habe, bei Dentex vulgaris, Sargus Rondeletii, Trachinus draco, Scorpæna scrofa und Caranx trachurus nachgewiesen. Rein pepsinbildend finde ich den Vorderdarmabschnitt von Squatina angelus, Labrax lupus, Lophius piscatorius, Merluccius vulgaris, Sparus salpa, Oblata melanura, Umbrina cirrhosa, Mullus barbatus, Uranoscopus scaber, Trigla hirundo, Alausa finta, Chrysophys aurata, Motella tricirrhata, Gobius niger, Pagellus erythrinus und Bops vulgaris.

Aus den Appendices pyloricae konnte ich bei Acipenser Sturio, Motella tricirrhata, Lophius piscatorius Diastase, Pepsin und Trypsin durch Glycerin extrahiren, bei Trachinus draco, Scorpæna scrofa (wiederholt) und Zeus faber Pepsin und Trypsin. Der Inhalt der Pylorialanhänge reagirte bei Lophius piscatorius neutral. In den Appendices pyloricae von Umbrina cirrhosa, Uranoscopus scaber, Chrysophys aurata finde ich Pepsin, aber kein Trypsin; bei Dentex vulgaris enthielten sie Trypsin und Diastase, aber kein Pepsin, während sie bei Alausa finta und Trigla hirundo tryptisch, aber nicht peptisch oder diastatisch wirksame Extracte lieferten. In den Pylorialanhängen von Bops vulgaris wurde Trypsin gefunden, das Pepsin vermisst.

Obgleich diese Resultate mittelst der Auszüge von den aufgeschnittenen und gut gereinigten Blinddärmen gewonnen, ihre eiweissverdauenden Eigenschaften durch Salicylsäure- resp. Thymolzusatz nicht aufgehoben wurden, so sind diese Befunde an

image
not
available

auf eine functionelle Bedeutung dienen zu können, muss vor allem der Nachweis erbracht sein, in welcher Richtung sich die Flimmern bewegen; ob die Flimmerung vorzugsweise nach innen oder nach aussen gerichtet ist. Ich habe versucht, darüber bei Scorpæna scrofa Gewissheit zu erlangen, indem ich feines Kohlenpulver auf die Innenfläche der den lebenden Fischen entnommenen und aufgeschnittenen Pylorialanhänge brachte. Ein sicheres Resultat konnte ich aber bei dieser Versuchsanordnung nicht erzielen. Ein Werth für die Resorption wird der Flimmerung in diesen Organen um so weniger beizumessen sein, als die Flimmerung gerade bei dem Fische, bei welchem ich enzymatische Secrete in den Pylorialanhängen vermisste (nämlich bei Perca fluviatilis), nach *L. Edinger* vollständig zu fehlen scheint. Im Uebrigen widerspricht dem Ausspruche desselben Autors: „Epithelzellen mit Flimmerbesatz wurden bislang noch nie aus einer Drüse des Verdauungstractus beschrieben", die Literatur; denn viele derartige Angaben sind gemacht. So bilden z. B. nach *Gegenbaur* (Untersuchungen über Pteropoden und Heteropoden. Leipzig 1855. S. 11) bei Creseis acicula mehrfache Zelllagen, von denen die innerste Cilien trägt, die Auskleidung des Blindsackes, welcher nach ihm und *Huxley* das Analogon der Leber ist, und ebenfalls glaubt *Gegenbaur* (ibid. S. 82) in einem Leberacinus von Pneumodermon Wimperbewegung beobachtet zu haben. Nach *Check* (*R. Wagner's* Handwörterbuch der Physiologie. Band I. S. 492) flimmert die Innenfläche der Leberbläschen bei Arenicola piscatorum, nach *O. Schmidt* (Handbuch der vergl. Anatomie 6. Aufl. 1872 S. 221) wimpert „die secernirende Epithelialschicht" der Leber bei Cyclas cornea, und die Flimmerzellen in dem Leberblindsacke von Amphioxus lanceolatus waren schon *J. Müller* und *Retzius* bekannt. Sehr richtig bemerkt deshalb *L. Schmarda* (Zoologie. Band I. 1871. S. 36): „Flimmerepithelien fehlen an Theilen,

wo man sie vermuthen sollte und kommen an anderen vor, wo sie überflüssig erscheinen, oder schwingen in einer dem postulirten Zweck entgegengesetzten Richtung."

Das Mitteldarmrohr zeigt in der Classe der Fische nicht weniger functionelle Differenzen als die Appendices pyloricae. Im Allgemeinen ergibt sich aus meinen Versuchen, dass, falls sich aus den Pylorialanhängen Trypsin gewinnen lässt, dasselbe auch aus der Schleimhaut des Mitteldarmes zu erhalten ist. Die einzige bekannte Ausnahme von dieser Regel bildet Acipenser Sturio, dessen Pylorialdrüse ein trypsinbildendes Organ ist, während die Darmmucosa kein Trypsin enthält. Während der pepsinbildende Bezirk des Vorderdarmes in den Pylorialanhängen meist sein Ende findet, erreicht die trypsinbildende Zone des Mitteldarmes nicht immer die Appendices pyloricae (Sargus Rondeletii, Umbrina cirrhosa). Weniger abhängig erweist sich die Function der Darmschleimhaut von der Secretbildung in den vom Darmrohre separirten Drüsen (Leber, Hepatopankreas, Pankreas), welche desshalb auch erst später besprochen werden soll.

Trypsin, keine Diastase und kein Pepsin liess sich nach der *Kühne*'schen Selbstverdauungsmethode aus dem Mitteldarme von Umbrina cirrhosa, Sargus Rondeletii (zwar nur Spuren) und Pleuronectes platessa erhalten. Trypsin, aber kein Pepsin [1]) aus dem Mitteldarme von Lophius piscatorius, Dentex vulgaris, Scorpæna scrofa, Crenilabrus pavo (Spuren), Gobius jozo (Spuren) und von Gobius niger. Aus dem Mitteldarme von Trachinus draco, Alausa finta und Motella tricirrhata erhielt ich ebenfalls tryptisch wirksame Auszüge. Ohne diastatische und eiweissverdauende Wirkung erwies sich der Darm von Oblata melanura, Chrysophys aurata, Pagellus erythrinus, Sparus salpa und von

[1]) Untersuchungen auf eine diastatische Wirkung unterblieben hier.

Labrax lupus. Pepsin wie Trypsin fehlte im Mitteldarm von Uranoscopus scaber.

Die Uebereinstimmung in dem Enzymgehalte der Mitteldarmauszüge und der Auszüge von den Pylorialanhängen ist in Berücksichtigung der schwankenden Grenzen des pepsin- und trypsinbildenden Gebietes eine so vollständige, dass durch diese Untersuchungen der Beweis geliefert sein dürfte, dass die Schleimhaut der Appendices pyloricae nicht nur im feinern Bau, wie die mikroskopischen Studien besonders von *L. Edinger* lehren, sondern auch in ihrer Function der Darmmucosa gleicht.

Durch den Nachweis einer tryptischen Wirkung des Leberauszuges bei Perca fluviatilis war von mir[1]) dargethan, dass ein Hepatopankreas nicht auf die Familie der Cypriniden im Vorkommen beschränkt ist. Die Erwartung, dass eine innige Durchdringung des Lebergewebes mit pankreatischen Drüsenzellen sich bei Fischen sehr verschiedener Familien finden möchte, hat sich bestätigt. So ist die Leber von Belone rostrata (Scomberesociden), Labrax lupus (Perciden), Crenilabrus pavo (Labriden), Dentex vulgaris (Pristipomatiden), Trigla hirundo (Trigliden), Sargus Rondeletii (Spariden), Gobius jozo und niger (Gobiiden) ein Hepatopankreas. Bei Labrax lupus, Dentex vulgaris, Gobius jozo und niger besitzt auch die Galle eine fibrinverdauende Wirkung bei alkalischer Reaction; Ausführungsgänge der im Lebergewebe eingesprengten Pankreasacini münden demnach bei diesen Arten in die Gallenblase oder in Gallengänge vor ihrem Eintritt in die Gallenblase.

Die auch von mir früher getheilte Ansicht, dass bei den Fischen Diastase nur im Hepatopankreas, nicht im reinen Lebergewebe sich finde, dass sie mit Trypsin vergesellschaftet an

---

[1]) Vergleichend physiolog. Beiträge etc. Unters. a. d. physiolog. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 42.

die pankreatischen Drüschen in diesem Vorkommen gebunden sei, beruht auf unvollständiger Induction. Es verhält sich, wie fortgesetzte Untersuchungen mich lehrten, das Lebergewebe der Fische nicht immer wie das der in dieser Hinsicht untersuchten Säuger. Die Leber der Fische kann sehr wohl ein Hepatopankreas sein, d. h. ein tryptisches Secret liefern, ohne zugleich Diastase zu bilden (Dentex vulgaris, Labrax lupus, Belone vulgaris), und andrerseits kann das Lebergewebe reichlich Diastase enthalten, aber frei von Trypsin sein (Pleuronectes platessa, Merluccius vulgaris, Chrysophys aurata, Uranoscopus scaber). In den Leberauszügen von Trachinus draco, Oblata melanura, Umbrina cirrhosa, Mullus barbatus, Scorpæna scrofa, Motella tricirrhata, Lophius piscatorius, Sparus salpa, Gobius niger und von Pagellus erythrinus gelang mir weder der Nachweis von Trypsin, noch von Diastase. Durch diese Untersuchungen muss ich den Beweis auch dafür geliefert erachten, dass das diastatische Enzym keineswegs ein allgemein constantes Product der Fischleber ist. Derselben Unabhängigkeit von einander im Vorkommen beider Enzyme begegneten wir bereits bei der Secretbildung in dem Darme und den Pylorialanhängen. So enthielt der Darm von Umbrina cirrhosa, Sargus Rondeletii (wenn auch nur Spuren) und von Pleuronectes platessa zwar Trypsin aber keine Diastase, und dasselbe liess sich feststellen für die Appendices pyloricae von Trigla hirundo und Alausa finta, während in den Pylorialanhängen von Dentex vulgaris, Motella tricirrhata und Lophius piscatorius sich beide Enzyme vergesellschaftet finden. Die Leberauszüge einiger Fische (Sargus Rondeletii, Trigla hirundo, Crenilabrus pavo, Gobius jozo) besassen sowohl eine tryptische wie diastatische Wirkung.

Treffend bemerkt *Claude Bernard*, dass die diastatische Wir-

kung nichts wesentliches für ein Pankreas ist; es werden sich noch weitere Beweise für die Richtigkeit dieser Auffassung beibringen lassen.

Vom Darmrohre und der Leber separirte, im Mesenterium eingebettete Pankreasdrüschen konnte ich durch die tryptische Wirkung der wässrigen Auszüge bei Trigla hirundo, Zeus faber, Crenilabrus pavo, Oblata melanura (geringe Wirksamkeit), Lophius piscatorius, Caranx trachurus und Sargus Rondeletii nachweisen, während die wässrigen Auszüge des Mesenteriums von Pleuronectes platessa, Motella tricirrhata und Alausa finta keine tryptische Wirkung auf rohes Fibrin bei 38—40° C. äusserten. Ich ziehe aus diesen negativen Befunden nicht den Schluss, dass den genannten Fischen das Pankreas fehle; denn weitere Untersuchungen an dem Pankreas der Selachier ergaben, dass bei diesen Fischen, wo eine ausgiebige Pepsinproduction im Vorderdarme stattfindet, das Pankreas erst im spätern Alter zu functioniren anfängt. So lässt sich wenigstens meines Erachtens nur die Thatsache deuten, dass die Auszüge des Pankreas von jungen Selachiern tryptisch unwirksam, die von alten Thieren hingegen sehr wirksam sich erweisen. Eine andre Deutung dieser Befunde scheint mir dadurch, dass einige der jungen Selachier (Rajiden, Squatina angelus) vivisecirt wurden, und trotzdem kein tryptischer Auszug erhalten werden konnte, ausgeschlossen zu sein. Es ist nicht unwahrscheinlich, dass besonders bei den Fischen, welche sich in der Energie ihrer Pepsinproduction den Selachiern nähern, ähnliche Verhältnisse obwalten; dass die peptische Verdauung im Jugendzustande ausreicht, die aufgenommene Kost resorptionsfähig zu machen, dass erst im spätern Alter dem gesteigerten Nahrungsbedürfnisse durch eine der peptischen nachfolgende tryptische Verdauung weiter entsprochen wird. Beiläufig sei bemerkt, dass ich kürzlich auf Helgoland an lebenden Embryonen von

Acanthias vulgaris, welche ich dem Uterus entnahm, feststellen konnte, dass die Schleimhaut des Magens schon dann reichlich Pepsin enthält, wenn der Dottersack noch sehr voluminös ist, und es noch längerer Zeit bedarf, bevor die Embryonen ausgetragen sind. In 0.2procentiger mit Salicylsäure versetzter HCl verdaute das Glycerinextract der embryonalen Mägen sowohl rohes wie gekochtes Fibrin bei 40° C. in wenigen Minuten.

Bei Scyllium canicula, von dem mir mehrere sehr grosse Exemplare zur Verfügung standen, hat das Pankreas post mortem eine milchweisse Farbe, und der ihm dicht anliegende fleischrothe Drüsenwulst enthält kein Trypsin. Aus beiden Organen liessen sich diastatisch wirksame Auszüge nicht gewinnen. Das diastatische Enzym vermisste ich gleichfalls im Pankreas von Acanthias vulgaris; in der Pylorusdrüse von Acipenser Sturio war es aber in sehr wirksamer Menge vorhanden. Trypsin war weder in der Galle von Squatina angelus, Torpedo marmorata und Raja clavata, noch in dem wässrigen Leberauszuge dieser und andrer Selachier nachzuweisen.

In der Classe der Fische kann zwar die Säurebildung und die damit verbundene Pepsinproduction ausfallen, es kann auch das bei alkalischer und neutraler Reaction wirkungsfähige Enzym (Trypsin) fehlen, aber nie besitzt der Darminhalt bis zum After hin eine saure Reaction, sondern früher oder später wird er im Mitteldarme durch die Galle alkalisirt. Anders wird es z. B. bei einigen Mollusken sein.

Vollkommen unrichtig ist die Behauptung von *Rabuteau* und *Papillon* [1]), dass „der pankreatische Saft der Rochen, wie alle andern Flüssigkeiten dieser Thiere eine constante saure Beschaffenheit zeigt". Die Galle z. B. ist bei diesen Fischen stets

[1]) *Rabuteau* et *Papillon*, Observations sur quelques liquides de l'organisme des poissons, des crustacés et des céphalopodes. Compt. rend. LXXVII. 1873. p. 136.

alkalisch, und auch der Mitteldarminhalt besass bei zwei verschiedenen Raja arten, welche ich viviseciren konnte, eine ausgeprägte alkalische Reaction. Ich werde bald Gelegenheit haben, das Pankreas der Rochen auf die angeblich saure Beschaffenheit nachzuuntersuchen.

Ueberblicken wir jetzt die an etwa 50 verschiedenen Fischarten gewonnenen Resultate, so bieten dieselben trotz ihrer Unvollkommenheit, welche schon durch die Schwierigkeiten der Untersuchung gegeben ist, wenigstens einen geringen Anhalt für eine einigermassen experimentell begründete Ansicht über die Function und den Werth der Pylorialanhänge.

Den Fischen, deren Magendrüsen reichlich Pepsin enthalten, und welche dieses Enzym in bedeutender Menge auch wohl secerniren werden (Selachier), sowie den Arten, bei welchen das Pankreas zur grössern Ausbildung gelangt ist (Cypriniden), fehlen im Allgemeinen die Appendices pyloricae [1]), oder sie sind bei ihnen nur schwach entwickelt (Lophius, Perca). Wie schon oft hervorgehoben wurde, besteht eine durchgreifende Abhängigkeit zwischen ihrer Ausbildung und der eines Pankreas, insofern sich beide im Vorkommen gegenseitig ausschliessen, aber nicht. Die Länge des Darmes scheint auf ihre Ausbildung keinen Einfluss zu haben, und ihre Function wie der histologische Bau weichen von denen des Mitteldarmes nicht wesentlich ab.

Nach diesen Ergebnissen wird den Pylorialanhängen eine grosse physiologische Bedeutung kaum zukommen. Ich glaube, dass ihr functioneller Werth nur darin zu suchen ist, dass ihr Secret den Speisebrei bei seinem Eintritte in den Darm gleitbarer und compacter macht (Perca), dass sie entsprechend ihrer Ausbildung und Secretionsenergie auch der enzymatischen Darmverdauung dienen und in Folge dessen, besonders bei den Fischen,

[1]) Eine Ausnahme macht Acipenser Sturio.

welchen ein Pankreas fehlt, eine weitere Verarbeitung des Darminhaltes bei alkalischer Reaction ermöglichen oder, da in diesen Fällen meist auch die Mucosa des Mitteldarmes selbst enzymatische Secrete liefert, durch ihre Secrete zur Ausgewinnung der Darmcontenta beitragen. Wie ich durch Fütterungsversuche mit Zinnober und Ultramarin gefärbter Kost bei Perca fluviatilis gezeigt habe[1]), ist der Abfluss des Chymus in dieselben nicht so bedeutend, dass man sie ausschliesslich als Resorptionsorgane auffassen kann.

Ein tieferer Einblick in die functionelle Bedeutung dieser Anhänge, eine nähere Beziehung zwischen ihrer Ausbildung und der der übrigen secretorischen Bezirke lässt sich nur aus eingehenden vergleichend physiologischen Untersuchungen gewinnen, welche sich nicht nur auf die Enzymsecretion, die Resorptionsvorgänge und das Nahrungsbedürfniss beschränken, sondern auch den allgemeinen Stoffumsatz bei den Fischen klar zu legen vermögen.

Die Verbreitung der Verdauungsenzyme in dem Darme und dessen Drüsen bei den Fischen.

Selachier.

Squalides.

	Vorderdarm			Appendices pyloricae			Mitteldarm[2])			Leber resp. Hepatopankreas		Pankreas	
	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Trypsin	Diastase	Trypsin
Scyllium canicula	.	+	0	—	—	—	.	+	0	?	0	0	+
Mustelus vulgaris	.	+	0	—	—	—	.	+	0	?	0	.	+
Acanthias vulgaris	.	+	0	—	—	—	.	+	0	.	0	0	+
Squatina angelus (junges Explr.)	.	+	0	—	—	—	.	+	0	?	0	.	0

[1]) Versuche z. vergl. Physiologie der Verdauung etc. l. c. S. 340.

[2]) Als Mitteldarm bezeichne ich in Uebereinstimmung mit den meisten vergleichenden Anatomen den Darmabschnitt vom Pylorus bis zum Enddarme. Wird der Mitteldarm, was vergleichend physiologisch richtiger sein dürfte, erst von der

Rajides.

	Vorderdarm			Appendices pyloricae			Mitteldarm			Leber resp. Hepatopankreas		Pankreas	
	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Trypsin	Diastase	Trypsin
Torpedo marmorata	.	+	0	—	—	—	.	+	0	.	0	.	+
Raja clavata	.	+	0	—	—	—	.	+	0	.	0	.	+
„ miraletus	.	+	0	—	—	—	.	+	0	.	0	.	+
„ Schultzii	.	+	0	—	—	—	.	.	0	.	0	.	.
Trygon pastinaca	.	+	0	—	—	—	.	+	0	.	0	.	+
Ganoiden.													
Acipenser Sturio	0	+	0	+	+	+	.	+	0	?	0	.	0[1]
Teleostier. Physostomi.													
Anguilla anguilla	.	+	0	—	—	—	.	0	0	.	0	—	—
Conger vulgaris	.	+	0	—	—	—	.	0	0	.	0	—	—
Clupea sardina	.	+	0	.	0	+	.	.	.	.	.	.	.
Alausa finta	.	+	0	0	0	+	.	.	+	.	.	—	—
Esox lucius	.	+	0	—	—	—	.	0	0	.	0	—	—
Cyprinus carpio	0[2]	0	.	—	—	—	+	0	+	+	+	—	—
Tinca vulgaris	+	0	.	—	—	—	+	0[3]	+	+	+	—	—
Barbus fluviatilis	.	0	.	—	—	—	.	.	.	.	+	.	.
Leuciscus melanotus	.	+	0	—	—	—	.	.	.	+	+	.	.
Cobitis fossilis	.	Sp.	.	—	—	—	.	.	.	+	+	.	.
Anacanthini.													
Merluccius vulgaris	.	+	0	.	.	.	.	.	+	0	.	.	.
Motella tricirrhata	.	+	0	+	+	.	.	+	0	0	.	—	—
Rhombus maximus	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	+
Pleuronectes platessa	.	.	.	.	.	0	0	+	+	0	.	—	—
Belone vulgaris	.	.	.	—	—	—	.	.	.	0	+	.	+

Mündung der Gallengänge an gerechnet, so ist der Mitteldarm wenigstens vieler Selachier frei von pepsinbildenden Zellen, da diese nur auf den Anfangstheil desselben im Vorkommen beschränkt sind. Auch *Gegenbaur* (Bemerkungen über den Vorderdarm niederer Wirbelthiere. Morph. Jahrb. Bd. IV, Heft 2. 1878. S. 314—319) befürwortete jüngst, den Anfang des Mitteldarmes an die Mündung der Gallengänge zu verlegen.

[1]) Die S. 396 erörterten Verhältnisse bei den Selachiern nöthigen aber zu einer Nachuntersuchung an alten Thieren.

[2]) Als Versuchsobject diente nur ein kleines Exemplar, so dass es wünschenswerth ist, die Versuche an älteren Karpfen zu wiederholen.

[3]) Cf. Vergl. physiol. Beiträge etc. l. c. S. 10 Anm.

Acanthopteri.

	Vorderdarm			Appendices pyloricae			Mitteldarm			Leber resp. Hepatopankreas		Pankreas	
	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Pepsin	Trypsin	Diastase	Trypsin	Diastase	Trypsin
Crenilabrus pavo	.	0	.	.	.	.	.	0	Spur.	+	+	.	+
Perca fluviatilis	.	+	0	0	0	0	.	0	0	Spur.	+	.	+
Labrax lupus	.	+	0	.	.	.	0	0	0	0	+	.	.
Dentex vulgaris	.	+	+	+	0	+	.	0	+	0	+	.	.
Mullus barbatus	.	+	0	.	0	0	.	.	0	0	0	.	.
Bops vulgaris	.	+	0	.	0	+	.	.	.	.	.	.	.
Oblata melanura	.	+	0	.	0	0	0	0	0	0	0	.	Spur.
Sargus Rondeletii	.	+	+	0	0	0	0	0	Spur.	+	+	.	+
Pagellus erythrinus	.	+	0	.	.	.	0	0	0	0	0	.	.
Chrysophys aurata	.	+	0	.	.	.	0	0	0	+	0	.	.
Scorpæna scrofa	.	+	+	.	+	+	.	0	+	0	0	.	.
Trigla hirundo	.	+	0	0	0	+	.	.	.	Spur.	+	.	+
Uranoscopus scaber	.	+	0	.	+	0	.	0	0	+	0	.	.
Trachinus draco	.	+	+	.	+	+	.	.	+	0	0	.	.
Umbrina cirrhosa	.	+	0	.	+	0	0	0	+	0	0	.	.
Thynnus vulgaris	.	+	0	.	0	+	.	.	.	.	.	.	.
Zeus faber	.	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	+
Caranx trachurus	.	+	+	.	.	.	.	.	.	0	0	.	+
Gobius niger	.	+	0	—	—	—	.	0	+	0	+	.	.
Gobius jozo	.	.	.	—	—	—	.	0	Spur.	+	+	.	.
Cepola rubescens	.	+	0	.	0	+	.	.	.	.	.	.	.
Mugil cephalus	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Lophius piscatorius	+	+	0	+	+	+	.	0	+	0	0	+	+

Ueber die Verdauungsvorgänge bei den Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Die Verdauungssecrete der Mollusken bieten meinen Untersuchungen gemäss viel Uebereinstimmendes mit denen der Arthropoden, wenn schon die eiweissverdauenden Enzyme bei beiden Typen nicht identisch sind. Bei den Arthropoden wie bei den Mollusken bildet die Leber resp. deren Analogon ein Secret, welches oft mehrere eiweissverdauende Enzyme und meist auch Diastase enthält. Während aber die über etwa zwanzig Species ausgedehnten Versuche bei den Arthropoden im Allgemeinen eine grössere Constanz des tryptischen Enzymes erkennen liessen, so deutete die zwar geringere Zahl von Beobachtungen bei den Mollusken auf eine grössere Constanz des peptischen hin. Spätere Untersuchungen, deren Ergebnisse ich schon früher[1]) theilweise mitgetheilt habe, konnten diese Anschauung nur befestigen, und die Mannigfaltigkeit des Beobachtungsmateriales, welches Cephalopoden, Gastropoden und Lamellibranchiaten, Salz-, Süsswasser- und Landformen umfasst, berechtigt jetzt dazu, diesen Satz als bewiesen anzusehen; zwar nicht in der Art, dass er die Existenz von Molluskenarten, welche ausschliesslich auf eine tryptische Verdauung der Eiweissstoffe angewiesen sind, in Abrede stellt, sondern indem er diese Fälle den übrigen, bei

[1]) Zur Verdauung bei den Krebsen. Unters. a. d. physiol. Inst. d. Univ. Heidelberg. Bd. II. S. 271.

welchen sich ein peptisches oder ein peptisches und tryptisches Enzym im Lebersecrete findet, gegenüber als Ausnahmen bezeichnet.

Ausser dem natürlichen Verdauungssafte benutzte ich zu meinen Versuchen die Glycerinauszüge der Lebern. Die Einwirkung auf das Fibrin erfolgte bei einer constanten Temperatur von 38—40° C., und die dialysirten Extracte dienten in mitgetheilter Weise[1]) zur Prüfung auf Diastase. Bei Thymol- resp. Salicylsäurezusatz wurden, wenn Vorversuche mit nicht so conservirten Proben eine Fibrinverdauung erkennen liessen, die Versuche ausgeführt, welche, durch Controlproben mit den gekochten und darauf abgekühlten enzymatischen Gemischen gestützt, nur in seltenen Fällen das Resultat der Vorprüfung modificirten. Die Verdauung der einzelnen Flocke im Reagensglase, welches etwa 15—25 gr. Flüssigkeit enthielt, erfolgte innerhalb 1—8 Stunden; trat eine Wirkung erst später ein, ohne dass jedoch Anzeichen von eingetretener Fäulniss vorhanden waren, oder blieb sie bei Salicylsäure — resp. Thymolzusatz aus, so ist dieses Verhalten in beigegebener Tabelle statt durch das übliche Kreuz durch die Bezeichnung schwach angedeutet, ohne dass ich damit diesen, zwar nur wenigen Fällen irgend eine Bedeutung beilege. Es bedürfen die in der Tabelle aufgeführten Daten kaum einer weitern Erläuterung und gestatten eine kürzere Auseinandersetzung meiner Versuche.

Troschel's Entdeckung der intensiv sauren Beschaffenheit des sog. Speichels von Dolium galea hat allgemein interessirt, und oft ist, seitdem man durch *Bœdeker* dessen quantitative Zusammensetzung erfuhr, der Wunsch rege geworden, über seine Function und organischen Bestandtheile Näheres in Erfahrung zu bringen. Das Vorkommen ähnlicher „acidogener Drüsen" am Vorderdarme wurde später von *S. de Luca* und *P. Panceri* bei

[1]) Vergl. physiolog. Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge. Ibid. S. 15.

mehreren anderen Gastropoden gleichfalls nachgewiesen[1]); Bemerkenswerthes für die Aufklärung der Function dieses seltsamen Secretes wurde seitdem aber nicht geleistet. Mehr und mehr gewann der Vergleich mit dem sauren Lebersecrete vieler anderer Mollusken an Berechtigung, dessen Reaction durch die Entdeckung eines peptischen Enzymes in ihm verständlich wurde. Ich hielt mich für berechtigt, die Bezeichnung dieser acidogenen Drüsen bei Dolium, Cassidaria etc., als Speicheldrüsen abzuweisen, und, indem ich gleichfalls darauf verzichtete, nach einer Analogie bei den Vertebraten zu suchen, verglich ich sie functionell mit den säurebildenden Lebern anderer Mollusken. Wie weit dieser Vergleich begründet, ob er nur physiologisch oder auch morphologisch berechtigt, ob er ganz oder nur theilweise giltig ist, liess ich unerörtert; denn nur eingehendere Untersuchungen konnten darüber Belehrung geben.

Versuche in dieser Richtung unternommen führten mich nun zu so unerwarteten und neuen Thatsachen, dass es hier wohl am Platze ist, auf dieselben näher einzugehen. Durfte es schon als sicher gelten, dass auch bei den Mollusken die Enzymbildung ausschliesslich einer diffus oder compact entwickelten Leber zufällt, so war doch keineswegs die Möglichkeit ausgeschlossen, dass die für eine peptische Verdauung nothwendige Säureproduction von mehreren Organen besorgt wird, zumal bei verschiedenen Classen und Arten der Mollusken ausser der Leber noch andere Drüsen am Darme nachgewiesen waren, welche aus Unkenntniss der erst durch die vergleichend physiologische

[1]) *Troschel* fand im Darme von Dolium galea Tang mit verschiedenen, von Säure noch nicht angegriffenen Kalkresten und glaubte desshalb annehmen zu dürfen, dass das Secret der acidogenen Drüsen unter normalen Verhältnissen gar nicht in die tiefer gelegenen Abschnitte des Digestionstractus gelange, sondern als Vertheidigungsmittel anzusehen sei. Dieser Auffassung ist von *de Luca* und *Panceri* widersprochen, welche freie Schwefelsäure auch in den Darmampullen bei Dolium galea nachweisen konnten.

Forschung erschlossenen Verhältnisse meist als Pankreas gedeutet waren. Die nicht immer wahrnehmbare saure Reaction des Lebergewebes konnte diese Vermuthung an sich zwar nicht bekräftigen, da ich nach meinen und den Befunden anderer Autoren annehmen muss, dass die Säurebildung in den Lebern der Mollusken keine stetige[1]) ist.

Die unteren Pharynxdrüsen[2]) fand ich bei einer lebenden Eledone von fast neutraler, jedenfalls nicht saurer Reaction, und die Vorderdarmdrüsen von Helix pomatia reagirten alkalisch: es dienen diese Drüsen demnach unzweifelhaft einer ganz andern Function als die ähnlich gelagerten, acidogenen Drüsen von Dolium und Cassidaria. Wider Erwarten konnte ich aber eine constante saure Beschaffenheit an den Lebergangsdrüsen von Sepia officinalis und Eledone moschata nachweisen, an Drüsen, welche ich anfangs als reine Schleimdrüsen ansprechen zu müssen glaubte. Enzyme lassen sich, wie ich schon früher berichtete, und wovon ich mich später abermals überzeugte, aus diesen Drüsen ebensowenig wie aus dem sog. Pankreas von Doris tuberculata[3]) extrahiren, deren Lage auch dafür bürgt, dass ihr

[1]) Eine entschieden saure Beschaffenheit des Lebergewebes fand ich ausser bei einigen Pulmonaten constant nur bei Haliotis tuberculata.

[2]) *M. Dietl* (Ueber Speicheldrüsen der Eledone moschata. Sitzungsb. d. k. Ac. d. Wiss. in Wien. 1878, S. 58) berichtet, dass sich die obern und untern Pharynxdrüsen bei Eledone gegen Kupfersulfatlösung verschieden verhalten, und schliesst daraus, dass beide Drüsenpaare verschiedenen physiologischen Functionen obliegen. Ich finde *Dietl's* Angaben bestätigt, und sein Schluss wird um so berechtigter erscheinen, als auch bei Insecten (Apis, Formica) die beiden Vorderdarmdrüsenpaare verschieden functioniren. Nach *P. Bert* (Mém. de la Soc. des sc. phys. et nat. de Bordeaux. I. V. 1857. p. 115) secerniren die Speicheldrüsen von Sepia officinalis eine saure Flüssigkeit, welche der Verdauung dienen soll.

[3]) *J. Alder* and *A. Hancock*, A Monograph of the British Nudibranchiate Mollusca. London. 1845. Pl. II, Fig. 1 i.

Secret der Darmverdauung dient. Es ist eine höchst interessante Thatsache, dass bei einigen Mollusken die Säurebildung in anatomisch verschiedenen Organen geschieht, während hingegen eine Differenzirung in anatomisch verschiedene enzymbildende Drüsen nicht sicher nachgewiesen werden konnte.

Mit grosser Spannung erwartete ich die Resultate, welche[1]) die Versuche über den Enzymgehalt der acidogenen Drüsen von Cassidaria echinophora liefern sollten. Musste ich mich, da mir Dolium galea nicht zur Verfügung stand, schon mit dieser kleinern Art begnügen, so durfte ich doch wohl annehmen, dass die Verhältnisse bei Dolium und den andern Arten in dieser Beziehung von denen bei Cassidaria nicht erheblich abweichen; denn das Secret der acidogenen Drüsen von Cassidaria ist kaum weniger sauer als das von Dolium, und die Drüsen besitzen eine beträchtliche Grösse. In kurzer Zeit hatte ich einen ziemlichen Vorrath dieser Schnecken zusammengebracht; ich präparirte sehr vorsichtig die Drüsen, ohne irgendwie das Darmrohr zu verletzen, aus ihren Behältern, presste aus einem Theile derselben das saure Secret heraus, während ich einen anderen Theil in Glycerin conservirte. Einen Theil des Presssaftes verdünnte ich mit ein wenig Wasser, filtrirte und brachte alsdann in die stark saure Flüssigkeit eine Flocke rohen Fibrins; dieselbe war nach 30 Stunden noch unverdaut, und es schien somit ein peptisches Enzym in diesem Secrete zu fehlen. Ganz dasselbe negative Ergebniss hatten die Versuche mit den wässrigen

[1]) Um Irrthümern vorzubeugen, sei erwähnt, dass bei Cassidaria jede einzelne des sog. Speicheldrüsenpaares in zwei Abtheilungen zerfällt, von denen *Troschel* die vordere als eigentliches Absonderungsorgan, die hintere als Secretbehälter auffasste. Eine genaue Trennung war bei Cassidaria schwer ausführbar und schien mir, da beide Abtheilungen gleich sauer reagirten, überdiess nutzlos zu sein, wesshalb beide Drüsentheile gemeinschaftlich verarbeitet wurden.

Extracten der Drüsen zur Folge, und auch Glycerin nahm nach dreiwöchentlicher Einwirkung aus den zerkleinerten Drüsen kein peptisches Enzym in sich auf. Wurde der Presssaft oder der wässrige Auszug der Drüsen durch Soda schwach alkalisirt, so zeigte er nach 24 Stunden keine verdauende Wirkung auf rohes Fibrin bei 40° C., und die Versuche mit dem Glycerinextracte lieferten ebenfalls keine Resultate, welche für die Gegenwart eines tryptischen Enzymes irgendwie sprechen könnten. Dass die Diastase in einem Secrete, dessen Gehalt an anorganischen Säuren einige Procente betragen soll, fehlt, stand zu erwarten, und der saure oder schwach alkalisirte Presssaft, sowie der schwach alkalisirte Glycerinauszug der Drüsen waren auch thatsächlich bei 40° C. auf gekochte Stärke nach zweistündiger Einwirkung vollständig unwirksam. Es lehren diese Versuche, dass die acidogenen Drüsen von Cassidaria keine Enzymdrüsen sind, dass sie mit den Lebern nur die Function der Säurebildung theilen und den acidogenen Drüsen am Gallengange der Cephalopoden vielleicht vollkommen analoge Bildungen darstellen. Auch ihr Secret könnte dazu beitragen, die aufgenommene Nahrung der peptischen Verdauung zugänglich zu machen; denn auch der Leberglycerinauszug von Cassidaria enthält nur ein peptisch die Eiweisssubstanzen veränderndes Enzym. Die Säurebildung ist bei den Mollusken etwas ganz Allgemeines; sie hat an sich nichts Auffallendes mehr. Wunderbar ist hier nur der Säurereichthum und die grosse Quantität des Secretes, deren Deutung durch einen Nutzen bei der Verdauung nicht geliefert wird. Am Vorderdarme von Murex trunculus und brandaris vermisste ich die acidogenen Drüsen, obschon sie sich nach *de Luca* und *Panceri*[1]) auch bei diesen Arten finden sollen; die Drüsen, welche ich bei

[1]) *S. de Luca* et *P. Panceri*, Recherches sur la salive et sur les organes salivaires du Dolium galea. Comptes rendus. 1867. T. LXV, p. 712—715.

den Mureciden an entsprechender Stelle fand, reagirten auf der Schnittfläche nicht sauer, sondern neutral oder schwach alkalisch.

Unmittelbar hinter den acidogenen Drüsen am Munddarme der Cassidaria lagert ein zweites Drüsengebilde, von länglicher Form, compactem, fleischigem Aussehn und von nicht weniger räthselhafter Bedeutung. Nach seinem Entdecker führt es den Namen des *Delle Chiaje*'schen Organes. Unter dem Mikroskope zeigt es einen spiralig gewundenen, lamellösen Bau und scheint zwei verschiedene Drüsenelemente zu enthalten, von denen die an der Aussenfläche vielleicht aber auch nur ein späteres Stadium der mehr centralwärts gelagerten darstellen. Ob das *Delle Chiaje*'sche Organ als eine Enzymdrüse dem Verdauungsgeschäfte dient, ist mir zweifelhaft geblieben. Es besitzt der Glycerinauszug desselben, welcher allein der Untersuchung unterworfen wurde, eine geringe peptische Wirkung auf rohes Fibrin. Die richtige Deutung dieses Befundes ist sehr unsicher, weil das Organ direct in das Darmlumen hineinragt, und in Folge dessen das peptische Enzym leicht aus dem Darmrohre resorbirt sein konnte. Die Untersuchung des Glycerinauszuges von dem analogen Gebilde bei Trochus zizyphinus ergab ein gleiches Resultat, und obschon die peptische Wirkung auf rohes Fibrin bei Salicylsäurezusatz innerhalb 4 — 6 Stunden bemerkbar wurde, so ist auch hier aus dem angegebenen Grunde die Deutung unsicher.

Nur bei wenigen Mollusken fand ich im Lebergewebe ein tryptisches Enzym; so ausser bei Cephalopoden und Limaciden, bei Trochus zizyphinus, Pecten Jacobæus, Pecten varius und glaber, Scrobicularia piperata, und auch bei Turbo rugosus dürfte es im Lebergewebe vorhanden sein, obgleich eine Wirkung auf rohes Fibrin erst nach etwa 10—12 Stunden in 2 procentiger Sodalösung ersichtlich war. Eine Fähigkeit, gekochtes Fibrin bei alkalischer Reaction zu verdauen, besass keiner dieser Leberglycerinauszüge. Der neutrale Verdau-

ungssaft aus dem Darme von Loligo vulgaris verdaute rohes Fibrin sowohl in thymolisirter 1 procentiger Sodalösung als in 0.1 procentiger Salzsäure und 2 procentiger Essigsäure während weniger Stunden. Er eignete sich sehr zur Beweisführung, dass zwei eiweissverdauende Enzyme in dem Verdauungssafte mancher Mollusken vergesellschaftet vorkommen. Wurde derselbe auf einen Gehalt an 0.2 pCt. HCl gebracht, 4—6 Stunden bei 40° C. digerirt, und dann durch Soda alkalisirt, so hatte er seine Fähigkeit, rohes Fibrin bei alkalischer Reaction zu verdauen, eingebüsst. Andrerseits gelang es meist in viel kürzerer Zeit, das peptische Enzym in dem auf einen Gehalt an 2 pCt. Soda gebrachten Verdauungssafte durch Digestion bei gleicher Temperatur zu zerstören. Der Beweis wurde in dieser Weise für das Lebersecret der Limaciden und der übrigen Cephalopoden früher nicht geliefert. Das damals von mir eingeschlagene Beweisverfahren durch Vergleich, welches später auch bei den Krebsen vortheilhafte Anwendung fand, gewinnt jetzt gleichfalls durch die Summe des untersuchten Materials mehr an Bedeutung; denn die tabellarische Uebersicht lehrt, dass den Leberauszügen der meisten darauf untersuchten Mollusken die Fähigkeit, rohes Fibrin bei alkalischer oder neutraler Reaction zu verdauen, auch nach mehreren Tagen vollständig fehlte. Die Auszüge enthielten nur ein oder vielleicht auch mehrere peptische Enzyme, deren Gesammteffect auf rohes Fibrin bei Zusatz verschiedener Säuren in der Tabelle verzeichnet ist und nicht näher interpretirt werden kann, da uns die Mittel fehlen, verschiedene peptisch wirkende Enzyme hinlänglich von einander zu sondern. Dass die in sauren Verdauungsgemischen erzielten Effecte nicht auf ein einziges peptisch wirkendes Enzym bezogen werden können, dürfte durch den Vergleich der mittelst der Leberauszüge von Haliotis tuberculata und den Pecteniden erhaltenen Ergebnisse mit denen der übrigen Molluskenlebern hinreichend klar werden. Die Eigenschaften der Lebergly-

cerinextracte von den Pecteniden sind die des Conchopepsins der Mytilus edulis; diese Uebereinstimmung documentirt sich durch die verdauende Wirkung auf gekochtes Fibrin bei Essigsäurezusatz und durch die Zerstörbarkeit der enzymatischen Wirkung durch Oxalsäure.

Das Glycerinextract der Lebern von Haliotis tuberculata weicht in seinen enzymatischen Eigenschaften von den Lebersecreten der übrigen Mollusken wesentlich ab; denn es besitzt die Fähigkeit, ausser in Essigsäure (4 pCt.) — auch in sehr schwachen Weinsäurelösungen (0.5 pCt.) gekochtes Fibrin langsam zu peptonisiren. Bei keinem andern Typus machen sich so grosse Schwankungen in der peptischen Wirkungsweise der Leberauszüge verschiedener Arten bemerkbar als bei den Mollusken. Auch den Leberglycerinextracten von Turbo rugosus, Pectunculus pilosus, Solen siliqua, Pholas dactylus und Mactra stultorum scheint eine Wirkung auf gekochtes Fibrin bei Zusatz verschiedener organischer Säuren nicht ganz zu fehlen; begnügen wir uns aber zur Zeit mit dem Nachweise einer peptischen Wirkung in diesen Molluskensecreten; denn unsere Extractionsmethoden sind zu unvollkommen, um tiefere Einblicke in diese jedenfalls nicht wenig complicirten Verhältnisse zu gestatten.

Meine Versuche beschränkten sich nicht nur auf die Verdauung einzelner Fibrinflocken, sondern auch grössere Quantitäten in 0.1 procentiger HCl gequollenen Fibrins unterwarf ich bei 40° C. der Einwirkung verschiedener Leberextracte. Die Versuche wurden in schon beschriebener Weise[1]) ausgeführt; ein halbes Liter 0.1 procentiger HCl, welchem soviel rohes, ausgepresstes Fibrin hinzugefügt war, dass eine steife Gallerte entstand, bildete eine Portion. Je eine der fünf Portionen versetzte ich mit etwa 8—10 gr. des Glycerinauszuges der Lebern von Doris

[1]) Zur Verdauung bei den Krebsen, l. c. S. 263.

tuberculata, Pecten Jacobæus, Turbo rugosus, Pholas dactylus oder von Lithodomus lithophagus und sah im Laufe des Tages regelmässig die vollständige Auflösung der Masse zu Stande kommen. Die durch das Leberextract von Doris verdaute Masse wurde dialysirt, und im Dialysate waren reichliche Mengen von Peptonen durch Natronlauge und Kupfervitriol, sowie durch das *Millon*'sche Reagens nachweisbar.

Auch der Diastasegehalt der Lebern wechselt bei verschiedenen Arten. Die Versuche wurden mittelst der dialysirten Glycerinauszüge ausgeführt, und sie ergaben für die Lebern von Fissurella costaria, Turbo rugosus, Doriopsis limbata, Doris tuberculata und von Lithodomus lithophagus bei 40° C. innerhalb zwei bis drei Stunden nur eine zweifelhafte saccharificirende Wirkung auf gekochte Stärke. Versuche, welche mit den nicht der Dialyse unterworfenen Auszügen angestellt und durch entsprechende Begleitversuche mit den gekochten Proben controlirt wurden, liessen zwar Spuren von Diastase auch in den Lebern dieser Arten erkennen; die Mengen derselben sind aber so gering, dass sie durch eine halbtägige Dialyse im fliessenden Wasser vollständig ausgewaschen werden. In den Lebern von Trochus zizyphinus, Murex brandaris und trunculus misslang der Nachweis von Diastase aber auch in den nicht dialysirten Auszügen. Alle übrigen daraufhin untersuchten Molluskenlebern enthielten reichlich Diastase.

Während sich in den meisten Fällen unschwer der Leberauszug eines Arthropoden von dem eines Mollusken, Wurmes, Echinodermen oder eines Vertebraten durch seine enzymatische Wirkung auf die Eiweisskörper unterscheiden lässt, und die einzelnen Typen des Thierreichs auch in dieser Hinsicht eine ziemlich scharfe Trennung zu erkennen geben, so ist es unmöglich, sowohl die Eigenschaften der eiweissverdauenden Enzyme der Mollusken von denen der Cölenteraten abzugrenzen, als

auch für die einzelnen Classen des Molluskentypus charakteristische Unterschiede derselben nachzuweisen. Verschiedenheiten der bei Wirbelthieren und bei Wirbellosen sehr verbreiteten diastatischen Enzyme sind noch nicht aufgefunden.

Das Glycerinextract der Vorderdarmschleimhaut von Turbo rugosus, welche ihrer Falten wegen von *Souleyet* als Ersatz der Speicheldrüsen angesehen wurde, erwies sich frei von Diastase und besass keine fibrinverdauende Wirkung in 1procentiger Sodalösung; in 1procentiger HCl wurde die Fibrinflocke während der Nacht verdaut, doch ist es mir wahrscheinlich, dass diese peptische Wirkung von geringen, aus dem Verdauungssafte im Darme resorbirten Enzymmengen herrührt.

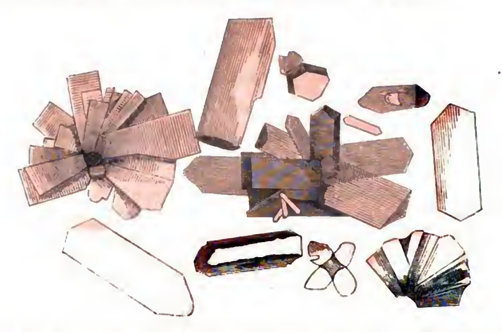
Bei Murex brandaris liegen in der Umgebung des Munddarmes ausser den sog. Speicheldrüsen noch andere wohl entwickelte Drüsenmassen, vielleicht dem *Delle Chiaje*'schen Organe der Cassidaria und anderer Arten vergleichbar. Auch in diesen finde ich weder ein diastatisches noch ein tryptisches (Unwirksamkeit des Glycerinauszuges in 1procentiger Sodalösung) Enzym. Frei von Pepsin, Trypsin und Diastase erwiesen sich ferner die Gefässdrüsen[1]) von Doris tuberculata, sowie der Purpursaft und das Glycerinextract des Drüsenfeldes, welches dieses Secret bei Aplysia depilans bildet. Ebenso wenig wie diese Gebilde darf das *Bojanus*'sche Organ von Spondylus gæderopus als Enzymdrüse bezeichnet werden, da in ihm gleichfalls ein peptisches, tryptisches und diastatisches Enzym fehlt.

Die Concremente aus dem *Bojanus*'schen Organe von Pinna squamosa enthalten keine Harnsäure; diese fand sich aber in Form lebhaft roth gefärbter Einzelkrystalle oder Krystallgruppen in den durch Alkohol conservirten Venenanhängen eines Cephalopoden. Die Literatur enthält eine grosse Zahl von Angaben

---

[1]) *J. Alder* and *A. Hancock*, l. c. Pl. II, Fig. 1. s. s.

über das Vorkommen von Harnsäure bei den Mollusken, von denen viele durch andere Experimentatoren später nicht bestätigt werden konnten; ich halte es deshalb für nothwendig, eine vergrösserte, naturgetreue Copie[1]) der Harnsäureformen aus den Venenanhängen eines Cephalopoden hier zu geben.



Harnsäure aus den sog. Venenanhängen eines Cephalopoden (bei *Hartnack* IV. und Ocular 3).

Ausser den Rosettenbildungen und den abgerundeten Ecken an den Einzelkrystallen bietet die Harnsäure in diesem Vorkommen zwar nichts Typisches; denn die für die Harnsäure so sehr charakteristischen Wetzsteinformen fehlten in meinen Präparaten. Die Murexidprobe[2]) gelang in ausgezeichneter Weise, wovon sich ausser mir noch mehrere Herren überzeugten. Untersucht man die Venenanhänge von Sepia officinalis in ganz

[1]) Die Contouren wurden mittelst des *Oberhæuser*'schen Zeichnenprismas entworfen.

[2]) Die Murexidprobe wurde in bekannter Weise so ausgeführt, dass ich ein Körnchen des Inhaltes der Venenanhänge auf einem Porzellanscherben mit einigen Tropfen Salpetersäure bei mässiger Erwärmung verdampfte. Der für Harnsäure charakteristische rothe Verdampfungsrückstand nahm auf Zusatz eines Tropfens Natronlauge eine prachtvolle violette und auf Zusatz eines Tropfens Ammoniakflüssigkeit Purpurfärbung an.

frischem Zustande, so findet man darin nach *Harless*[1]) auch Kugeln von strahliger Structur, getränkt mit einer röthlichen Flüssigkeit. Tritt dieser Farbstoff aus den Kugeln aus, so schiesst er in schönen, grossen Krystallen von Harnsäure an und die beim Austritt des Farbstoffs zurückbleibenden Gerüste bestehen aus kohlensaurem Kalk und einer Kieselverbindung.

Auf ein anderes sonderbares Gebilde, welches sich bei mehreren Lamellibranchiaten und Cephalophoren findet, auf den Krystallstil konnte ich gleichfalls meine Untersuchungen ausdehnen. Es ist dies in den meisten Fällen ein durchsichtiger Gallertstab, welcher das Lumen eines (bei einigen Arten sehr entwickelten) Darmblindsackes oder, wenn dieser fehlt, das Darmrohr selbst an manchen Stellen fast vollständig ausfüllt und so die Speisemassen zwingt, in möglichst naher Berührung mit den Darmwänden das Verdauungsrohr zu passiren. Erklärungen der Function dieses elastischen Darmpfropfes wurden oft versucht, und nur die bemerkenswerthesten derselben sind hier kurz zusammengestellt[2]). Eine ansehnliche Zahl von Krystallstilen, vor-

[1]) *Harless*, Ueber die Nieren der Sepia oder die sog. Venenanhänge. *Erichson's* Archiv für Naturg. Jahrg. XIII, Bd. I. 1847. S. 1 und Taf. I.

[2]) Nach *Poli* (Testacea utriusque Siciliae. I, b. 41), seinem Entdecker, dient der Krystallstil zum temporären Verschluss wenigstens einiger Lebermündungen, um den Eintritt der Galle in den Magen zu beschränken. *J. F. Meckel* (System der vergl. Anat. Bd. I, S. 134 und Bd. IV, S. 168) hingegen ist es wahrscheinlicher, dass er eine Andeutung der Zunge der Cephalophoren, also mehr ein Kauwerkzeug darstellt. *H. Milne Edwards* (Leçons sur la physiologie et l'anatomie comparée. T. V, p. 362) scheint er als Rührapparat zu functioniren, der die Speisen mit den Verdauungssäften mischt. *Leuckart* (Lehrb. der Anat. der wirbellosen Thiere. 1847. S. 478) verglich ihn mit der bei den Gastropoden so häufigen Magenbewaffnung; später (Vergl. Anatomie und Physiologie. 1855. S. 125) wurde von ihm jedoch diese Ansicht verworfen, und er vermuthete in dem Krystallstile einen Reservestoffbehälter für bestimmte Substanzen ungefähr derart, wie ihn die Krebssteine vorstellen. *Oscar Schmidt* (Handb. der vergl. Anat. 6. Aufl. 1872. S. 218) neigte zu der Annahme, dass das ganze Product nichts

wiegend den Bohrmuscheln entnommen, wurde gut abgewaschen, fein zerhackt und mit soviel Glycerin übergossen, dass sie eben davon bedeckt wurden. Nach dreiwöchentlicher Einwirkung zeigte das Glycerinextract in 0.1procentiger HCl nur eine geringe peptische Wirkung auf rohes Fibrin, welche aber um so mehr auf Spuren infiltrirten Enzymes aus dem Darmcanale bezogen werden muss, als von vornherein zu vermuthen war, dass ein so lamellös gebautes Gebilde, wie es der Krystallstil darstellt, von den mechanisch den Lamellen anhaftenden flüssigen oder festen Verunreinigungen durch ein Abspülen der Oberfläche nicht zu befreien ist. Jedenfalls erweist sich durch diese Untersuchungen die Ansicht, welche in dem Krystallstile einen Enzymbehälter sieht, als unrichtig; denn an Enzymen fehlt es im Darme der Mollusken nicht (wenn sie nöthig sind, liefert sie die Leber in reichlicher Menge), und als Rührapparat wird der Krystallstil ebenso wenig einen Nutzen schaffen. Eine Bedeutung für das Resorptionsgeschäft wird ihm aber insofern zukommen, als er, wie ich schon anführte, den Chymus zwingt, in nahen Contact mit dem resorbirenden Epithelbelag des Darmes zu treten. Der Krystallstil erscheint hiernach als Theilstück eines höchst seltsamen und interessanten Mechanismus, an welchen die Typhlosolis der Lumbriciden und ähnlich gelagerte Leisten bei anderen Würmern nur entfernt erinnern. Während sonst in dem Thierreiche einem gesteigerten Resorptionsbedürfnisse durch Faltenbildungen, durch blindsackförmige Anhänge, durch rhythmische Contractionen der Darmmus-

---

anderes sei, als ein zur Umhüllung des Gefressenen dienendes Darmsecret, wodurch die Contenten aufgelöst würden. Er gründete seine Ansicht darauf, dass der Krystallstil von einem oft bis zum Verschwinden feinen Canale mit Darmcontentis, Bacillarien, Räderthieren u. s. f., die auch zwischen den Schichten anzutreffen sind, durchsetzt ist. Nach *Gegenbaur* (Grundzüge der vergl. Anat. II. Aufl. 1870. S. 527) dürfte die physiologische Bedeutung dieses periodisch auftretenden und verschwindenden Gebildes vorzüglich in den Ernährungsverhältnissen der betreffenden Individuen zu suchen sein.

culatur oder auch wohl durch eine Zunahme der Darmlänge entsprochen wird, gelangt der Organismus vieler **Mollusken** einfach dadurch zu demselben Resultate, dass ein elastischer Stempel aus todter Materie das Centrum des Darmrohres verschliesst, und der Nahrung nur einen verzögerten Durchtritt an den peripheren Theilen gestattet. Ob hiermit die Function des Krystallstils erschöpfend ausgedrückt sein wird, erlaube ich mir nicht zu entscheiden.

Wirkungsfähigkeit der Verdauungssäfte oder der Leberglycerinauszüge einiger Mollusken auf rohes Fibrin und auf gekochte Stärke bei verschiedenen Zusatzflüssigkeiten.

Lamellibranchiaten.

	1-2 % Sodalösung.	Neutraler wässriger Auszug.	0.1—0.2 % HCl.	Essigsäure von			Milchsäure von			Weinsäure von			Oxalsäure von			Diastase.
				0.5 %	1—2 %	4 %	0.5 %	1-2 %	4 %	0.5 %	1-2 %	4 %	0.5 %	1-2 %	4 %	
Ostrea edulis . . .	0	0	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Ostrea lamellosa . .	0	0	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+
Pecten Jacobaeus . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Pecten varius . . .	+	+	+	.	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+
Pecten glaber . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+
Spondylus gaederopus	0	0	+	schw.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Lima inflata . . .	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	.	.
Pinna squamosa . .	0	.	+	+	+	.	+	.	+	.	+	+	.	+	0	+
Mytilus Gallo-provincialis	0	0	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Mytilus edulis . . .	0	0	+	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+
Lithodomus lithophagus	0	.	+	.	+	+	.	.	.	.	.	+	.	.	.	Spur.
Arca Noae	0	0	+	+	+	+	.	.	.	.	.	.	+	0	.	+
Pectunculus pilosus .	0	.	+	+	+	+	.	.	.	+	.	+	.	+	0	+
Cardium edule . . .	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Cardium ciliare . .	0	0	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	0	.	+
Venus gallina . . .	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Venus verrucosa . .	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Mactra stultorum var. alba	0	.	+	+	+	+	.	.	.	+	.	+	+	0	.	+
Scrobicularia piperata	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+
Solen siliqua . . .	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Pholas dactylus . .	0	0	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	.	+

Gastropoden.

Opistobranchien.

	1-2 % Sodalösung	Neutraler wässriger Auszug	0.1—0.2 % HCl	Essigsäure von 0.5 %	Essigsäure von 1—2 %	Essigsäure von 4 %	Milchsäure von 0.5 %	Milchsäure von 1-2 %	Milchsäure von 4 %	Weinsäure von 0.5 %	Weinsäure von 1-2 %	Weinsäure von 4 %	Oxalsäure von 0.5 %	Oxalsäure von 1-2 %	Oxalsäure von 4 %	Diastase
Aeolis (aus d. Nordsee)	0	0	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
Doris tuberculata . .	0	0	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	+	+	0	Spur.
Aplysia depilans . .	0	.	+	0	+	+	0	.	.	.	.	schw.	0	+	.	+
Doriopsis limbata . .	0	0	+	0	+	.	+	+	+	+	+	+	schw.	+	0	Spur.

Prosobranchien.

	1-2 % Sodalösung	Neutraler wässriger Auszug	0.1—0.2 % HCl	Essigsäure von 0.5 %	Essigsäure von 1—2 %	Essigsäure von 4 %	Milchsäure von 0.5 %	Milchsäure von 1-2 %	Milchsäure von 4 %	Weinsäure von 0.5 %	Weinsäure von 1-2 %	Weinsäure von 4 %	Oxalsäure von 0.5 %	Oxalsäure von 1-2 %	Oxalsäure von 4 %	Diastase
Fissurella costaria .	0	0	+	.	schw.	+	+	+	+	+	+	+	.	.	0	Spur.
Haliotis tuberculata .	0	.	+	+	.	+	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+
Turbo rugosus . . .	schw.	.	+	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	Spur.
Trochus zizyphinus .	+	.	+	schw.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	0	0
Murex brandaris . .	0	.	+	0	+	.	.	+	+	+	+	+	+	.	0	0
Murex trunculus . .	0	.	+	.	.	+	.	+	+	.	+	+	+	.	0	0
Cassidaria echinophora	0	0	+	schw.	+	.	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+
Paludina vivipara . .	0	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Pulmonaten.

	1-2 % Sodalösung	Neutraler wässriger Auszug	0.1—0.2 % HCl	Essigsäure von 0.5 %	Essigsäure von 1—2 %	Essigsäure von 4 %	Milchsäure von 0.5 %	Milchsäure von 1-2 %	Milchsäure von 4 %	Weinsäure von 0.5 %	Weinsäure von 1-2 %	Weinsäure von 4 %	Oxalsäure von 0.5 %	Oxalsäure von 1-2 %	Oxalsäure von 4 %	Diastase
Limnæus stagnalis .	0	.	+	.	.	.	+	+	.	.	.	.	0	0	.	.
Arion rufus	.	.	.	+	+	.	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.
Arion ater	+	+	0	0	.	.	+	.	.	+	+	.	+	+	.	.
Limax cinereo-ater .	+	.	.	+	+	.	.	+	.	+	.	.	.	+	.	.
Limax agrestis . . .	+	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0	.	.
Helix pomatia . . .	0	0	+	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+
Helix nemoralis . .	0	.	+	+	.	.	.	+	.	+	.	.	+	+	.	.

Cephalopoden.

	1-2 % Sodalösung	Neutraler wässriger Auszug	0.1—0.2 % HCl	Essigsäure von 0.5 %	Essigsäure von 1—2 %	Essigsäure von 4 %	Milchsäure von 0.5 %	Milchsäure von 1-2 %	Milchsäure von 4 %	Weinsäure von 0.5 %	Weinsäure von 1-2 %	Weinsäure von 4 %	Oxalsäure von 0.5 %	Oxalsäure von 1-2 %	Oxalsäure von 4 %	Diastase
Sepia elegans . . .	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	.	.	+	.	+
Sepia officinalis . .	+	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	+	.	+
Loligo vulgaris . .	+	+	+	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	0	+
Sepiola Rondeletii .	+	.	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	+	+	.	.
Eledone moschata .	+	+	+	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+	+	.	+

Notizen zur Literatur über die vergleichende Physiologie der Nutritionsprocesse.

Von

C. Fr. W. Krukenberg.

Vor Kurzem veröffentlichte *Fredericq*[1]) Untersuchungen über die Verdauungsvorgänge bei Arion rufus, Mya arenaria, Mytilus edulis, Lumbricus terrestris und bei einigen andern Würmern; einzelne Angaben macht er auch über den Enzymgehalt einiger Cölenteraten und über die enzymatische Beschaffenheit des Lebersecrets bei Asteracanthion rubens. Seine Erfahrungen sind für uns insofern interessant, als auch er die Ueberzeugung gewonnen hat, dass die Leber die Enzymproduction nicht nur bei Mollusken, sondern auch bei Lumbricus terrestris und Asteracanthion rubens versieht. Abweichend von meiner Auffassung zieht er vor, diese enzymbildende Drüse dem Pankreas[2]) und nicht der Leber höherer Thiere zu vergleichen; ich möchte aus mehrfach angegebenen Gründen die Bezeichnung „Leber" beibehalten, was mir schon aus praktischen Gründen geboten erscheint. *Fredericq*'s Ergebnisse unterscheiden sich nach des Autors Aussage bemerkenswerth genug von den meinigen, um ihn zu veranlassen, die Publication seiner Erfahrungen nicht länger zurückzuhalten. Alle Differenzen beruhen aber, soviel ich ersehe, fast ausschliesslich auf dem Pepsingehalte der Secrete resp. Auszüge und finden in der von *Fredericq* angewandten Methode ihre Erklärung. Es scheint die auch von mir[3]) früher eingehender erörterte Thatsache, dass ein peptisches Enzym (obgleich dasselbe bei Fällung aus seinen Lösungen durch Alkohol kaum etwas an Wirksamkeit einzubüssen scheint) durch Alkoholbehandlung des Gewebes ungemein viel von seiner Wirksamkeit verliert, wenig bekannt zu sein. So lässt *Hoppe-Seyler* noch in der sechsten Auflage seines Handbuchs der chemischen Analyse (1876, S. 266) das Pepsin nach der *Wittich*'-

[1]) *L. Fredericq*, Sur la digestion des albuminoïdes chez quelques Invertébrés. Bulletins de l'Acad. roy. de Belgique. T. XLVI. 1878. — Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe. Ibid.

[2]) „Enzymdrüse" würde wohl (in *Fredericq*'s Sinne gedacht) die beste Bezeichnung für dieses Organ sein.

[3]) Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten u. s. w. Unters. a. d. phys. Inst. der Univ. Heidelberg. Bd. II, S. 280.

schen Methode aus der gereinigten, in Alkohol gehärteten Magenschleimhaut darstellen. Das auffällige Verhalten des frischen, pepsinhaltigen Gewebes ist, wie Herr Geh.-Rath *Kühne* mir gütigst mittheilte, vor einigen Jahren unter seiner Leitung von Dr. *Hefftler* aus St.-Petersburg eingehender untersucht, während es zwar auch frühern Forschern[1]) nicht ganz entgangen zu sein scheint. Der Pepsinverlust mag bei so pepsinhaltigen Organen, wie es die meist zur Pepsingewinnung verwendeten Mägen unsrer Hausthiere sind, weniger hervortreten; bei der Darstellung dieses Enzymes aus den meist enzymärmern Organtheilen der Wirbellosen fallen die durch die Behandlung der Gewebe mit Alkohol hervorgerufenen Verluste weit mehr in's Gewicht. Es mag genügen, nur darauf hinzuweisen, dass ich von Lumbricus terrestris Glycerinextracte erhielt, welche nicht erst (wie bei *Fredericq*'s Versuchen) in 36 oder 48 Stunden, sondern bereits nach 3—4 Stunden, ja in noch kürzerer Zeit rohes Fibrin verdauten. Temporäre oder individuelle Schwankungen kommen zwar hier, wie überall da vor, wo sich mehrere eiweissverdauende Enzyme vergesellschaftet finden. Als ich meine zahlreichen Versuchsreihen an Lumbricus abschloss, war ich überzeugt, dass es sich oft schwer entscheiden lässt, ob in dem erhaltenen Glycerinauszuge ein Plus von peptischem oder von isotryptischem Enzyme sich findet, und ich muss diese Auffassung trotz gegentheiliger Angabe fernerhin vertreten.

Das Gesagte gilt in derselben Weise wie für Lumbricus auch für die von *Fredericq* bei Asteracanthion rubens gewonnenen Ergebnisse. Dem Leberextracte dieses Seesterns wird unzweifelhaft auch eine viel energischere peptische Wirkung zukommen[2]), als *Fredericq* annimmt. Bei Actinia und bei den Spongien (?) hat er das peptische Enzym aus demselben Grunde nicht nachweisen können, und über grosse Mengen von Miessmuscheln muss dieser Forscher bei seinen Untersuchungen verfügt haben, sonst würde es ihm unzweifelhaft auch hier entgangen sein; denn ich erhielt, als ich bei Beginn meiner Studien über die Verdauungsvorgänge der Mollusken die Extraction in der von *Fredericq* geübten Weise vornahm, aus den Mytiluslebern nach Alkoholbehandlung stets Auszüge von sehr schwacher oder zweifelhafter Wirkung. Weder bei Mytilus edulis[3]), welche ich von Ostende bezog, noch bei Mytilus edulis var. galloprovincialis aus der Adria erhielt ich eine sichere Wirkung bei alkalischer Reaction; ich kenne jedoch keinen Grund, Spuren eines tryptischen Enzymes bei dieser Molluskenart in Abrede zu stellen. Locale und individuelle Verschiedenheiten scheinen nicht ausgeschlossen zu sein, und leicht können beim Nachweis dieses Enzymes Zersetzungserscheinungen,

[1]) Cf. *Ebstein* und *Grützner* in *Pflüger*'s Archiv. Bd. VI, S. 13, welche ebenfalls die Methode der Alkoholbehandlung der Pylorusschleimhaut bei ihren Versuchen aufgaben, „weil die daraus gewonnenen Auszüge überhaupt sehr wenig verdauten".

[2]) Cf. *Krukenberg*, Ueber die Enzymbildung in den Geweben und Gefässen der Evertebraten. l. c. S. 348 ff.

[3]) Ich untersuchte sowohl den Verdauungssaft, als auch wässrige und Glycerin-Auszüge der Lebern.

bewirkt durch niedre Organismen für einen Befund von tryptischem Enzyme ausgegeben werden.

Was *Fredericq*'s Mittheilungen über Arion rufus anbelangt, so finde ich darin nichts, was meinen Angaben widerspricht. Wie aus der von mir gegebenen Tabelle [1]) ersichtlich ist, habe ich die eiweissverdauende Wirkung des Verdauungssaftes resp. des Leberglycerinauszuges von Arion rufus in 0.2 procentiger HCl [2]) oder 2 procentiger Sodalösung nicht geprüft, und ich freue mich desshalb, wenigstens eine dieser Lücken durch *Fredericq*'s Versuche ausgemerzt zu sehen. Wie sich der Leberauszug gegen Salzsäure verhält, darüber besagen zwar auch *Fredericq*'s Versuche nichts; denn zur Entscheidung dieser Frage muss man mit den Glycerinextracten der nicht vorher mit Alkohol behandelten Lebern operiren. Die Wirksamkeit des Leberglycerinauszuges von Arion rufus in 0.4 und 1 procentiger Weinsäure oder Essigsäure und in 0.4 bis 2 procentiger Milchsäure steht für mich ausser Frage. Es könnte, und das ist mir (schon seit längerer Zeit) gar nicht unwahrscheinlich, das peptische Enzym bei einigen Limaciden und vielleicht auch bei einigen Cephalopoden vollständig fehlen; die von mir constatirte Wirkung auf Zusatz organischer Säuren könnte auch eine Eigenschaft des tryptischen Enzymes sein. [3]) Ein solcher Thatbestand würde meine Beweisführung, bei welcher die Limaciden vergleichend behandelt sind, [4]) in keinem Punkte beeinflussen, muss aber durch eingehendere Untersuchungen erst thatsächlich festgestellt werden. Falls es überhaupt noch einer weitern Beweisführung bedürfte, dass bei vielen Würmern, Arthropoden, Mollusken und Echinodermen das Lebersecret zwei eiweissverdauende Enzyme enthält, so ist dieselbe durch *Fredericq*'s Versuchsresultate geliefert. *Fredericq* hat, unbekannt mit der von *Hefftler* eingehender studirten Eigenthümlichkeit des pepsinbildenden Gewebes, das peptische Enzym durch Alkoholbehandlung meist ebenso vollständig zu zerstören vermocht, als ich durch Alkalibehandlung. [5])

Gestützt auf zahlreiche, weitere Beobachtungen an vivisecirten Thieren vertrete ich wie früher die Ansicht, dass die Reaction des Darminhaltes bei den Cephalopoden wechselt; zwar glaube auch ich aus früher erörterten Gründen, dass eine saure Beschaffenheit desselben im Stadium der Verdauung das Normale ist. [6]) Die Reaction des Lebergewebes ist der

---

[1]) Vergleichend physiol. Beiträge z. Kenntniss der Verdauungsvorgänge. l. c. S. 8.

[2]) Eine 0.1—0.2 procentige HCl eignet sich bekanntermassen zu den Verdauungsversuchen viel besser als eine 0.4—1.2 procentige, welche *Fredericq* anwandte.

[3]) *Krukenberg*, Vergleichend physiol. Beiträge etc. S. 25 Anmk.

[4]) Vergl. physiol. Beiträge etc., S. 9.

[5]) *Krukenberg*, Vergl. physiol. Beiträge etc., S. 25.
—, Zur Verdauung bei den Krebsen. ibid. S. 261.
—, Ueber die Enzymbildung etc. S. 349.

[6]) Der Reaction des Verdauungssaftes kommt hier aber kaum die Bedeutung zu, welche ihr oft beigelegt ist. Cf. *Krukenberg*, Versuche z. vergl. Physiologie der Verdauung etc., ibid. Bd. I, S. 330.

starken Pigmentirung wegen besonders bei den Cephalopoden äusserst schwierig mit Sicherheit zu bestimmen. Auch verwechselt *Fredericq*[1]) die von mir in Uebereinstimmung mit *E. H. Weber* und *P. Legouis* vertretene Ansicht über die Leber einiger Fische mit meiner Auffassung der Molluskenleber, welche sich nicht mit wenigen Worten abthun lässt, sondern eine ausführlichere Erörterung verlangte[2]).

Obgleich meine Untersuchungen über die Verdauungsproducte viel eingehender als diejenigen von *Fredericq* sind, und ich z. B. der Hemialbumose wegen nie direct mit der verdauten Masse, sondern stets mit dem Dialysate derselben die Peptonreaction vornahm, so habe ich mich zu dem Ausspruche *Fredericq*'s[3]): „die durch die Enzyme der verschiedensten Evertebraten gebildeten Verdauungsproducte sind dieselben wie die durch die Vertebratenenzyme gebildeten" nie berechtigt geglaubt. Spätere Untersuchungen haben dann auch gezeigt, dass die *Fredericq*'sche Ansicht nicht die richtige ist. So hat z. B. Niemand unter den durch Evertebratenenzyme gebildeten Verdauungsproducten Tyrosin und Leucin mit Sicherheit nachweisen können; Niemandem gelang es mit der durch Isotrypsin verdauten Masse die Bromwasserreaction zu erhalten und, wie ich glaube, hat jeder exacte Forscher das Recht, von Jemandem, der einen derartigen Ausspruch wagt, die quantitativ-analytischen Belege dafür zu verlangen, dass die Peptone und die bei der Verdauung durch die Evertebratenenzyme gebildeten Eiweisssubstanzen mit denen, welche bei der Pepsin- und Trypsinverdauung entstehen, identisch sind. Auch in der andern von *Fredericq* angeregten Frage[4]), ob das tryptische oder das peptische Enzym in der Thierreihe verbreiteter ist, müssen jetzt die Vermuthungen meinen experimentellen Beweisen weichen.[5])

Die längere Zeit schon in Aussicht gestellte[6]) Arbeit *E. Luchhau*'s[7]) ist ebenfalls vor Kurzem erschienen, und es findet darin die von mir gemachte Angabe über die Wirksamkeit des Pepsins der Fische bei verschiedenen Temperaturen, welche sich im Widerspruch mit den Ergebnissen *Hoppe-Seyler*'s befand, eine für mich erfreuliche Bestätigung. Ich hatte früher[8]) darauf verzichtet, mich gegen die von *Fick* und *Murisier* gemachten Mittheilungen auszusprechen, glaube aber jetzt, da dieselben durch *Luchhau* eine scheinbare Bestätigung erhalten, nicht länger warten zu dürfen, meine Versuchsresultate diesen entgegenzustellen. Zu meinen Untersuchun-

1) Sur l'organisation et la physiologie du Poulpe. S. 55.

2) *Krukenberg*, Vergl. physiol. Beiträge etc., S. 16—23.

3) Sur la digestion des albuminoïdes etc., S. 16.

4) Ibid. S. 16.

5) Ueb[illegible] Enzymbildung etc., S. 338—365. — Nachtrag zu den Unters. über die Ernäh[illegible]ge bei Cölenteraten u. Echinodermen. ibid. S. 366—377. — Ueber ein peptisch[illegible] Enzym im Plasmodium der Myxomyceten etc., l. c. S. 273—286.

6) Centralbl. f. d. medic. Wissenschaften. 1877. Nr. 28. S. 497.

7) Ueber die Magen- und Darmverdauung bei einigen Fischen. Inaugural-Dissertation. Königsberg.

8) Versuche zur vergleichenden Physiologie etc. S. 331.

gen dienten die Magenglycerinextracte vom Hecht und von Mustelus vulgaris, welche letztere wegen ihrer energischen Wirksamkeit mir zu diesen Versuchen besonders geeignet erschienen. Ich führte die Untersuchungen an einem sehr kalten Wintermorgen, als das Thermometer unter Null stand, in einem bedachten, sonst aber offnen Raume aus und erhielt die nämlichen Resultate wie *Murisier* und *Luchhau*. Aber ich versäumte nicht, wie es diese Autoren gethan zu haben scheinen, die nöthigen Controlversuche mit dem Glycerinauszuge des Schweinemagens nebenhergehn zu lassen. Der Vergleich der drei Proben lehrte auf's evidenteste, dass keine Verschiedenheiten zwischen dem Pepsin des Schweines und dem der Fische in dieser Hinsicht zu constatiren sind. Stets trat, wenn bei sehr niedriger Temperatur überhaupt eine Verdauung des Fibrins bemerkbar war, dieselbe zuerst in dem bei 40° C. wirksamsten Verdauungsgemisch ein, gleichgiltig, ob es vom Hai, dem Hechte oder dem Schweine stammte, und bei gleich niedriger Temperatur [1]) verlief die in allen Fällen sehr verzögerte Fibrinverdauung in einer mit wenigen Tropfen äusserst kräftigen Pepsinglycerins vom Schweine versetzten Probe viel energischer als in den unter ganz gleichen Verhältnissen befindlichen Gläschen, welche mit weniger kräftigem, aber bei 40° C. doch sehr rasch wirkendem Pepsinglycerin vom Hecht oder Hai versetzt waren. Ich habe diese Versuche bis zu dem Punkte, wo sich Eisnadeln in den Verdauungsgemischen abschieden, variirt und stets gefunden, dass (einerlei, ob das Pepsinglycerin von Fischen oder vom Schweine stammte) bei diesen niedrigen Temperaturen die Wirkungen in allen drei Gläsern (natürlich ungemein verlangsamt) gleichsinnig mit denen verliefen, welche dieselben Gemische bei 40° C. äusserten. Desshalb behaupte ich auf das entschiedenste, dass Das, was für qualitative Differenzen angesehen wurde, nur quantitative sind, und jeder, der bei diesen Versuchen nicht die Controlproben mit dem Pepsin des Schweinemagens versäumen wird, muss sich von diesem Thatbestande überzeugen können.

Die von meinen Angaben über den Trypsingehalt der Karpfenleber abweichenden Ergebnisse *Luchhau*'s kann ich mir nur durch die Annahme erklären, dass er an sehr jungen Thieren operirte. Der Trypsingehalt des Hepatopankreas von zwei sehr grossen Karpfen war so bedeutend, dass der daraus durch Selbstverdauung gewonnene künstliche Verdauungssaft eine so rapide tryptische Wirkung besass, wie sie sich mit dem aus einem Säugerpankreas gewonnenen nicht kräftiger erhalten lässt. *Luchhau* rügt, dass ich in meiner Abhandlung nicht den Weg angegeben habe, auf dem beim Karpfen das pankreatische Ferment aus dem Hepatopankreas in den Darm gelangt; soviel ihm bekannt wäre, sei ein solcher nicht vorhanden. Ich durfte diese Auseinandersetzung unterlassen, weil die ge-

[1]) Die in die Verdauungsgemische eingesenkten Thermometer zeigten das eine Mal eine Temperatur von 4° C., das andere Mal eine Temperatur von 2° C. an. In anderen Fällen war dieselbe noch tiefer herabgesunken.

wünschten Ausführungsgänge bereits in der von mir citirten [1]) Arbeit *E. H. Weber*'s beschrieben und abgebildet, in *Legouis*'s ausführlichen Schriften[2]) ferner weitläufig besprochen sind. Für Perca fluviatilis ist *Brockmann*'s bekannte Dissertation ausführlich genug, dass mir das Citat derselben [3]) zu genügen schien.

Zu meiner Abhandlung „Ueber die Enzymbildung etc." sei bemerkt, dass die bezeichneten dottergelben Darmanhänge bei Cucumaria Planci, deren eingehendere anatomische Untersuchung ich auf der k. k. zoologischen Station zu Triest unterliess, weil ich keinen Enzymgehalt derselben erwarten durfte, nach den Bemühungen von Herrn Dr. *Hubert Ludwig*, dem ich für seine gütige Belehrung zum wärmsten Danke verpflichtet bin, die Genitalschläuche sind. Aus der mir zugänglichen Literatur erhielt ich, als ich die Ergebnisse meiner Versuche zusammenstellte, über diese Schläuche nicht die gewünschte Auskunft und zog desshalb vor, dieselben kurz zu charakterisiren. Schon deshalb habe ich in genannter Abhandlung den präciseren Namen „Geschlechtsdrüsen" vermeiden zu müssen geglaubt, weil es mir nicht mehr erinnerlich war, in wie weit ich diese vom Mesenterium und etwa vorhandenen Gefässen gereinigt hatte. Meine Untersuchungen über die Ernährungsvorgänge bei den Echinodermen und Cölenteraten sind keineswegs abgeschlossen. Ich werde sie in kürzester Frist am Meere fortsetzen und behalte mir deshalb alle weiteren Angaben darüber vor.

---

1) Versuche zur vergleichenden Physiologie etc. S. 332 Anm.
2) Cf. *Krukenberg*, Vergl.-physiologische Beiträge etc. S. 41.
3) *Krukenberg*, Versuche zur vergleichenden Physiologie etc. S. 339 Anm.

Ueber die Entstehung von Hypoxanthin aus Eiweissstoffen.

Von **R. H. Chittenden. Ph. B.**
(aus New-Haven. Conn. U.-S. A.)

Unter den aus den Albuminen durch künstliche Zersetzung erzeugten Körpern hat keiner in physiologischer, wie in chemischer Beziehung grösseres Interesse erregt, als das Hypoxanthin, welches *Salomon* unter den Producten der Einwirkung des Wassers oder der Fäulniss, sehr verdünnter Salzsäure, des Magen- und Pankreassaftes auf Blutfibrin entdeckte. Die Beobachtung war so wichtig und überraschend, dass ich gern der Aufforderung des Herrn Prof. *Kühne* folgte, *Salomon*'s schöne Versuche zu wiederholen und wenn möglich in der Weise fortzusetzen, dass man erfuhr, ob die Eiweissstoffe selbst oder etwas ihnen Beigemischtes das Hypoxanthin lieferten. In dem von *M. Foster* herausgegebenen Journal of Physiology (Vol. II, 1, S. 28) habe ich schon kurz über meine ersten im Heidelberger physiol. Institut über den Gegenstand angestellten Versuche berichtet und die Angaben *Salomon*'s vollkommen bestätigen können[1]).

Zum Nachweise des Hypoxanthins habe ich in allen Fällen die betreffenden Lösungen mit geringem Ueberschusse von Kupferacetat $^1/_2$ Stunde gekocht, die entstandene Ausscheidung auf dem

[1]) Die seither auch durch *Maly*'s Jahresberichte veröffentlichten Resultate aus der Dissertation von *H. Krause* (Berlin 1878) über denselben Gegenstand, waren Herrn *Chittenden*, der mir seine Untersuchungen im Februar 1879 übergab, noch nicht bekannt. *W. K.*

Filter mit heissem und kaltem Wasser gewaschen, vom Filter in wenig heisser HNO_3 gelöst, diese Lösung mit NH_4OH übersättigt und mit Silbernitrat gefällt. Einige Stunden später wurde der Silberniederschlag auf dem Filter gesammelt, ausgewaschen, in heissem Wasser suspendirt, mit SH_2 zersetzt, das Schwefelsilber entfernt, das Filtrat zur Trockne verdunstet. Um etwaige Harnsäure zu beseitigen, wurde der Rückstand mit ganz verdünnter SH_2O_4 ausgezogen, die schwefelsaure Lösung mit NH_4OH alkalisch gemacht und zum zweiten Male mit Silbernitrat gefällt. Nach *Neubauer*'s Verfahren wurde die Silberfällung zur Trennung des Hypoxanthins vom Xanthin in einer kleinen Menge HNO_3 von 1,10 spec. Gew. heiss gelöst, worauf sich das Hypoxanthinsilbersalz nach kurzem Stehen als schön weisser Niederschlag ausschied, der unter dem Mikroskope die charakteristischen radiär angeordneten Nadelbündel zeigte. Um die Reactionen des Hypoxanthins anzustellen, wurden die Krystalle mit H_2O gewaschen, in heissem H_2O suspendirt mit SH_2 zersetzt, die vom Schwefelsilber abfiltrirte Lösung verdunstet und Proben der Substanz auf Porzellanscherben mit wenig HNO_3 erhitzt, worauf ein gelber Rückstand blieb, der mit einigen Tropfen Natronlauge erwärmt die bekannte rosenrothe bis violette Färbung annahm. Das mit der Kupferfällung beginnende Verfahren war in den meisten Fällen nöthig, weil ich viele an Chloriden reiche Lösungen zu untersuchen hatte, welche nicht direct mit NH_4OH und Silbernitrat zu behandeln waren. Wie ich hoffe, bürgen die folgenden Resultate für die Sicherheit der Methode.

Nachdem ich mich überzeugt hatte, dass ungefaultes, mit kaltem Wasser, gelegentlich auch mit 3 pCt. NaCl-Lösung gewaschenes, weisses Fibrin aus Ochsenblut weder an viel kochenden Alkohol, noch bei 15 Min. dauerndem Kochen mit Wasser Hypoxanthin abgiebt, siedete ich eine nach dem Kochen und Auspressen 1000 grm. wiegende Fibrinmasse 12 Stunden mit 2 Lit.

H_2O im Kolben mit Rückflusstrichter. Die Flüssigkeit lieferte darauf 20 mgrm. salpetersaures Hypoxanthin-Silberoxyd. Dieses Hypoxanthin hatte offenbar nicht in dem Fibrin præëxistirt, sondern war durch den Einfluss des siedenden Wassers, also durch einen Process, dessen zersetzende Wirkung auf Albumine bekannt ist, erst entstanden.

Derselbe Versuch mit 439 grm. feuchtem, durch Kochen mit Wasser und wenig Essigsäure aus dem Weissen von 24 Hühnereiern erhaltenen, coagulirten Albumin und 1500 C. C. H_2O angestellt, lieferte gar kein Hypoxanthin. In der gesammten Mutterlauge des Eierweisscoagulates fand ich eine Spur von Xanthinkörpern, die also Bestandtheile des Eies sind; doch war die Menge so gering, dass ich nur einige Krystalle der Silberverbindung und gerade genug zur Anstellung der Reactionen gewann, ohne entscheiden zu können, ob Xanthin oder Hypoxanthin vorliege.

In Uebereinstimmung mit *Salomon* gaben mir 1500 grm. gewaschenen, aber ungekochten Fibrins nach viertägiger Digestion mit 2500 C. C. HCl von 0,2 pCt. bei 40° C. 30 mgrm. $C_5H_4N_4O.AgNO_3$, während ich von dem coagulirten Albumin aus 24 Eiern nach 3—6 tägiger Digestion mit 2 Lit. derselben Säure nichts erhielt. Fibrin erst 12 Stunden mit Wasser gekocht, gab an dieses Hypoxanthin ab und darauf zum zweiten Male wieder Hypoxanthin, als es mit verdünnter HCl ebenso lange auf 40° C. erwärmt worden. Bei demselben Verfahren entstand aus coagulirtem Eiweiss kein Hypoxanthin.

Um den Einfluss des Magensaftes zu prüfen, bediente ich mich des künstlich aus Schweinemagenschleimhaut durch Selbstverdauung gewonnenen Saftes. Derselbe bedurfte zuvor einer Reinigung durch Dialyse, da ich aus 100 grm. abpräparirter, feucht gewogener Schleimhaut nach der Selbstverdauung nicht weniger als 43 mgrm. $C_5H_4N_4O, AgNO_3$ darstellen konnte. 3—4 Tage auf fließendem

Wasser dialysirt war der Magensaft frei von Hypoxanthin und es bildete sich auch kein neues darin, wenn er auf den früheren Säuregrad gebracht, einige Tage bei 40° C. erhalten wurde. Zu meiner Ueberraschung gab diese mit HCl vortrefflich verdauende Pepsinlösung nur eine kleine Quantität Hypoxanthin, nachdem ich 1 Lit. der auf 0,4 pCt. HCl gebrachten Flüssigkeit 48 Stunden auf Fibrin hatte wirken lassen; doch wurde so viel der Silberverbindung erhalten, dass der Nachweis gesichert war. Eine andere Quantität Fibrin, welche zuvor erst bei 12stündigem Kochen mit H_2O, darauf wieder nach mehrtägigem Digeriren mit HCl von 0,2 pCt. ziemlich viel Hypoxanthin geliefert hatte, gab mit dialysirtem Magensafte noch eine dritte, obschon sehr geringe Quantität. Coagulirtes Albumin aus Eiern gab mit Pepsin und HCl verdaut keine Spur von Hypoxanthin.

Wie die Magenschleimhaut liefert auch das Pankreas Hypoxanthin in sehr beachtenswerther Menge: 20 grm. trocknen, mit Alkohol und Aether gut extrahirten Ochsenpankreas lieferten nach 24stündiger Selbstverdauung in 200 Cc. Salicylsäure von 2 p. m. 22—25 mgrm. $C_5H_4N_4O, AgNO_3$. Es war nicht schwer diesen Bestandtheil sammt dem Leucin und Tyrosin aus dem Pankreasextracte durch Dialyse zu entfernen, falls ich Sorge trug, im Dialysor mit Essigsäure fortwährend schwach saure Reaction zu erhalten, und wenn die von vornherein gründlich ausgedaute Trypsinlösung dann schwach alkalisch gemacht unter Zusatz des Fäulniss verhütenden Thymols einige Tage für sich digerirt worden, so vermochte ich auch kein neu entstandenes Hypoxanthin darin nachzuweisen [1]. 1500 grm. ungekochten, aus-

[1] Ich habe die Abwesenheit und das Aufhören der Hypoxanthinbildung hier sowohl, wie beim Magensafte stets so constatirt, dass ich je eine Hälfte der Verdauungsflüssigkeiten ohne Zusatz, gleiche Zeit und bei gleicher Temperatur neben der anderen mit den zu verdauenden Albuminen beschickten, weiter digerirte und hierauf von jeder die ganze Menge zur Untersuchung auf Xanthinkörper verwendete.

gepressten Fibrins in 500 Cc. dialysirter, 0,3 pCt. Soda enthaltender Trypsinlösung, 3 Tage unter Zusatz von Thymol verdaut gaben 17 mgrm. salpetersaures Hypoxanthin-Silberoxyd. Ein anderes Mal erhielt ich aus etwa 2500 gr. feuchten Fibrins mit mehr Trypsinlösung 78 mgrm. der Silberverbindung, und als ich Fibrin, welches 1 Tag mit Wasser gekocht und darauf einige Tage mit verdünnter HCl digerirt worden, wobei es besonders im letzteren Falle schon viel Hypoxanthin geliefert hatte, mit dem genannten Trypsin verdaute, erhielt ich eine dritte, immer noch beträchtliche Quantität.

Die Trypsinverdauung erzeugte auch aus coagulirtem Eierweiss Hypoxanthin, und zwar lieferte das Coagulat aus 24 Eiern mit der dialysirten und passend verdünnten Trypsinlösung von 10 grm. Trockenpankreas, nach 48 stündiger, schwach alkalischer, unter Thymolzusatz durchgeführter Verdauung 8,5 mgrm. Silberverbindung. Die Menge des Hypoxanthins liess sich durch vorheriges 12 stündiges Kochen mit H_2O und 6 tägiges Digeriren mit verdünnter HCl, wobei wieder kein Hypoxanthin erhalten wurde, steigern, denn ich erhielt aus solchem, ebenfalls von 24 Eiern gewonnenem Coagulate, durch die nämliche Trypsinverdauung 49,5 mgrm. Silberverbindung, entsprechend 22 mgrm. reinen Hypoxanthins.

Die Trypsinverdauung erzeugt nach *Kühne*'s Beobachtungen bekanntlich sowohl aus den anfänglich entstehenden pankreatischen Peptonen, wie aus den durch Magensaft dargestellten eine Reihe von Zersetzungsproducten, unter welchen besonders Tyrosin und Leucin sicher und als ausschliessliche Zersetzungsproducte nicht der Albumine, sondern der Peptone nachgewiesen sind. Da Sieden mit Wasser und Digestion mit verdünnter Säure auch Peptone erzeugen, so war zu untersuchen, ob das Hypoxanthin nicht vornehmlich ein Zersetzungsproduct dieser sei, und bei jenen Behandlungen überhaupt erst in Folge davon, also in einer

zweiten Phase des Processes sich bildete. Ich bereitete desshalb aus reinem mit Alkohol und Aether extrahirtem Fibrin durch Einwirkung dialysirten Magensaftes eine bedeutende Quantität Magen- oder Amphopeptone, indem ich dieselben aus der neutralisirten Verdauungslösung durch Alkohol fällte und durch wiederholtes Lösen und Fällen etwas zu reinigen suchte. Mit sehr wirksamen, dialysirten Trypsinlösungen, bei alkalischer Reaction gründlichst verdaut, lieferten jene Mengen uns gerade so viel salpetersaures Hypoxanthin-Silberoxyd, dass ich dasselbe zersetzen und die Reaction damit anstellen konnte. Amphopepton giebt also jedenfalls nur Spuren von Hypoxanthin.

Nach diesem Befunde habe ich die Spaltung des Fibrins durch SH_2O_4 untersucht. Als Material diente mir schneeweisses, leicht zerbröckelndes, mit Alkohol und Aether vollkommen extrahirtes Fibrin.

Vorversuch. 25 grm. trockenes Fibrin wurden im Kölbchen mit Rückflusskühler zwei Stunden mit 9 grm. concentrirter SH_2O_4 und 50 grm. H_2O bei 100° C. erhalten, die erkaltete gallertige Masse stark mit H_2O verdünnt, worauf das Ungelöste durch Filtriren zu sammeln war.

Die braune Masse des Antialbumids wurde hierauf vom Filter in Soda von 5 pCt. gelöst und durch Neutralisiren mit Essigsäure von Neuem gefällt. Wurde das sehr schwach saure Filtrat mit mehr Essigsäure versetzt, so entstand darin ein Niederschlag, dessen Verhalten ich nicht näher geprüft habe. Das einmal in Soda gelöste und wieder gefällte Antialbumid verhielt sich anders, als das ursprüngliche, denn es löste sich leicht in mässig verdünnter Essigsäure, in HCl von 0,2 pCt., und in SH_2O_4 der Concentration, in welcher es entstanden war, aber nicht in stärker verdünnter.

In der schwefelsauren Lösung des Fibrins fand sich die Hemialbumose und Syntonin, welches letztere durch Neutralisiren mit

NaHO flockig niedergeschlagen wurde, während erstere durch Concentration des Filtrates und Fällung mit Alkohol als gummiartige Masse mit K_2SO_4 verunreinigt zu erhalten war. Die dabei übrig bleibende alkoholische Mischung gab mit Kupferacetat verarbeitet beträchtliche Mengen von Xanthinkörpern. Um die Hemialbumose rein zu erhalten, brauchte ich die Alkoholfällung nur mit Wasser zu kochen, und heiss zu filtriren, worauf der Körper sich beim Abkühlen rein weiss abschied.

Hierauf ging ich zu einem Versuche mit grösseren Mengen, nämlich mit: 225 grm. trockenen Fibrins, 1800 C. C. H_2O und 45 grm. concentrirter SH_2O_4 über, welche drei Stunden in einem grossen Wasserbade erhitzt wurden. Um das Antialbumid frei von Hemialbumose zu bekommen, wurde dasselbe nach dem Auswaschen auf dem Filter, mit einem Liter sehr wirksamen Magensaftes 24 Stunden verdaut, welches die Hemialbumose in Hemipepton verwandelte, während das Antialbumid ungelöst zurückblieb. Ich habe das letztere, um recht sicher zu gehen, noch einer zweiten Magenverdauung unterworfen und endlich sehr gründlich ausgewaschen.

Das gereinigte Albumid wurde in der gerade hinreichenden Menge verdünnter Soda aufgelöst und die filtrirte Lösung mit sehr wirksamer, völlig durch Dialyse gereinigter Trypsinlösung digerirt, wobei zunächst die merkwürdige, von *Kühne* erwähnte massenhafte Gerinnung auftrat. Was von dem Gerinnsel nach 36 Stunden nicht in Verdauung gegangen war, wurde abfiltrirt, von Neuem in Soda gelöst und durch neue Trypsinlösung schließlich in 48 Stunden zur Lösung gebracht. In der gesammten Verdauungslösung konnte Nichts gefunden werden als Antipepton, keine Spur von Hypoxanthin, und es waren daraus nach Entfernung des Kupfers mit SH_2 keine Krystalle von Leucin oder Tyrosin zu gewinnen. Die concentrirte Masse nahm mit Cl- oder Bromwasser keine Färbung an.

Hierauf wendete ich mich zur Untersuchung der aus dem Fibrin in die heisse Schwefelsäure übergegangenen Stoffe. Mit NaHO neutralisirt gab die Säure eine aus Syntonin und Hemialbumose bestehende Fällung, während das Filtrat hiervon reichlich neben K_2SO_4 mit Alkohol zu fällende Hemialbumose und Peptone enthielt. Die von den letzteren abfiltrirte, alkoholische Flüssigkeit enthielt: Leucin, Tyrosin, Kalkoxalat, Xanthin und Hypoxanthin. Nach dem Verjagen des Alkohols schied Sieden mit Kupferacetat die Xanthinstoffe aus und ich erhielt aus dem Niederschlage durch die Silbermethode nicht weniger als 79,6 mgrm. reines Hypoxanthin und 49,2 mgrm. reines Xanthin. Aus der kupferhaltigen Flüssigkeit wurden nach Behandlung mit SH_2 nur wenig Leucin und Tyrosin gewonnen, aber krystallinischer oxalsaurer Kalk in beträchtlicher Menge. Ich brauche nicht zu sagen, dass ich das Oxalat genauer untersuchte und kann mich bezüglich desselben auf *Schützenberger* beziehen, der unter den Zersetzungsproducten des Albumins auch viel Oxalsäure fand.

Die Hemialbumose, wie schon erwähnt, aus der Alkoholfällung durch Auskochen und Wiederabkühlen gewonnen, wurde in äusserst verdünnter Soda gelöst, mit dialysirtem Trypsin behandelt. Obwohl der Körper alsbald nicht mehr in der Lösung nachzuweisen war, habe ich selbst nach zweitägiger Digestion keine Spur von Hypoxanthin in derselben nachweisen können.

Wirkung der HCl auf Fibrin bei 100° C.

225 grm. trocknes Fibrin, 1800 Cc. H_2O, 50 grm. HCl von 1,60 spec. Gew. in einem grossen Kolben mit Rückflusskühler 3 Stunden bei 100° C. erhalten, bildeten erst eine gequollene, später eine braune, leimartige, flüssige Masse, welche nur durch starkes Verdünnen und Absetzen filtrirbar wurde. Mehr als die Hälfte des Fibrins schien gelöst zu sein und der Rückstand zum Theil aus Antialbumid zu bestehen. Aus dem klaren sauren

Filtrat erhielt ich durch Neutralisiren eine bedeutende Fällung (Syntonin), welche nur wenig Hemialbumose enthielt, die durch Kochen mit Wasser, noch besser durch heisse NaCl-lösung von 5 pCt. zu extrahiren war. Das neutrale Filtrat wurde eingedunstet, mit Alkohol ausgefällt und die alkoholische Flüssigkeit in der schon angegebenen Weise auf Xanthinkörper untersucht; dabei wurden erhalten 23,6 mgrm. Hypoxanthin, 17,9 mgrm. Xanthin. Die Alkoholfällung bestand vorzugsweise aus Peptonen und enthielt sehr wenig Hemialbumose.

Wirkung von HNO_3 auf Fibrin bei 100° C.

225 grm. trocknes Fibrin, 1800 Cc. H_2O, 50 grm. HNO_3 von 1,20 spec. Gew. bildeten zuerst eine beinahe feste Masse, die nach dreistündigem Erhitzen auf 100° C. braun wurde, aber so dick blieb, daß sie heiss mit viel Wasser verdünnt werden musste. Das klare saure Filtrat, das wieder wohl die Hälfte des Fibrins an Lösungsproducten enthielt, wurde durch Neutralisiren fast gallertig; der Niederschlag war sehr reich an durch Kochen extrahirbarer Hemialbumose und enthielt ausserdem Syntonin. Wie früher wurde die neutralisirte, von der Fällung getrennte Lösung nach dem Eindunsten der Alkoholbehandlung unterworfen, welche außer Peptonen ebenfalls viel Hemialbumose ausfällte, während die alkoholische Flüssigkeit die Xanthinkörper lieferte. Aus den Silberverbindungen der letzteren gewann ich wie gewöhnlich durch Abkühlen der heiss bereiteten salpetersauren Lösung die Verbindung des Hypoxanthins, und nachträglich die des Xanthins durch Zusatz von NH_4OH. Gefunden wurden: 32,4 mgrm. Hypoxanthin, 13,7 mgrm. Xanthin.

Es scheint mir bemerkenswerth, dass SH_2O_4 und HNO_3 aus dem Fibrin besonders viel Hemialbumose erzeugen, während HCl, die keinen O enthält, sehr wenig von diesem Körper, der also vielleicht durch Oxydation entsteht, liefert.

Bezüglich der Xanthinkörper ergiebt sich, dass 225 grm. trocknen, reinsten Fibrins liefern:

	mit SH_2O_4	HNO_3	HCl.
Hypoxanthin	79,6	32,4	23,6
Xanthin	49,2	13,7	17,9.

Zur Chemie der Descemet'schen Membran.

Von

H. F. A. Sasse,

cand. med. aus Zaandam.

Im Anschlusse an die von *Chittenden*[1]) im hiesigen Laboratorium angestellten Beobachtungen über das chemische Verhalten des Sarkolemms und einiger verwandten Membranen habe ich das der *Descemet*'schen Membran in ähnlicher Weise untersucht. Daß die innere Basalmembran der Hornhaut sich beim Kochen und gegen Säuren anders verhalte, als die Substantia propria corneae und als das Bindegewebe im Allgemeinen, ist lange bekannt; ausserdem zeigten *Ewald* und *Kühne*, dass die Membran, im Gegensatze zu allem leimgebenden Gewebe, durch Trypsinverdauung gelöst wird. Ich habe besonders die letztere Reaction genauer studirt.

Um die Erscheinungen während der Verdauung verfolgen zu können, legte ich Schnitte in Alkohol gehärteter Corneae vom Frosche, Kaninchen, Schweine und Rinde in einen starken Tropfen der genau nach Vorschrift bereiteten, 0,3 pCt. Soda enthaltenden Trypsinlösung[2]), die während der Digestion gewöhnlich

[1]) Vergl. d. folgenden III. Bd. dsr. Unters. S. 171.

[2]) Vergl. diese Unters. Bd. I, S. 173, und Bd. III, S. 222.

mit keinem Deckglase bedeckt wurde, und untersuchte das Präparat in allen Stadien bis zum vollkommenen Verschwinden der Membran, das gewöhnlich nach 4—5 Stunden erfolgte. Hierbei fiel eine außerordentliche Verdickung der *Descemet*'schen Membran um das 4—6fache ihres Durchmessers auf, die der Auflösung immer voranging, während der freie Rand grosse wellenförmige Biegungen aufwies, deren Grenzen sich mit zunehmender Auflösung allmählich verwischten. Ablösung der Membran in jenem gequollenen Zustande oder in irgend einem Vorstadium der Verdauung wurde nicht beobachtet. Der ganze Vorgang muss als ein ausschliesslich digestiver angesehen werden, da das Object sich nach tagelangem Erwärmen in zuvor gekochter Trypsinlösung, trotz erhaltener Alkalescenz derselben, gar nicht veränderte.

Nach dem Schwinden der *Descemet*'schen Haut fiel mir an dem unveränderten Reste der Substantia pr. corn. eine ausserordentlich scharfe Begrenzung der Innenfläche auf, die den Eindruck einer besonderen, vielleicht unter der *Descemet*'schen befindlichen Membran machte. Um darüber Aufschluss zu gewinnen, versetzte ich die Cornea durch einige Minuten dauerndes Sieden der Schnitte mit Wasser in den Zustand, in welchem sie selber für Trypsin löslich wird, und untersuchte die nach längerer gründlicher Verdauung bleibenden Reste. Wider Erwarten fand ich die *Descemet*'sche Membran jetzt oft so resistent, dass sie zurückblieb, nachdem die Cornea bereits gelöst war, und dann nur sehr allmählich, nach 12—24 Stunden verschwand. Bei meinen ersten Versuchen lag dies, wie sich später herausstellte, an fehlerhafter Bereitung der Trypsinlösung, aber ich bin auch bei den besten Verdauungsflüssigkeiten zuweilen auf dasselbe Verhalten gestossen und muss nach sehr zahlreichen Versuchen sagen, dass hier eine Inconstanz (vielleicht vom Lebensalter bedingt, das, wie bekannt, beim Menschen Einfluss auf die Dicke

der M. Descemetii hat) vorliege, da ich andererseits auch vollständiges Schwinden der Membran beobachtete. In den letzteren Fällen schien das Kochen dieselbe übrigens meist langsamer löslich gemacht zu haben; doch beobachtete ich auch Fälle, in denen sich die Verdauungszeit gar nicht verändert hatte. Dass die Cornea bald vor, bald nach der *Descemet*'schen Membran in Lösung ging, begreift sich hiernach. Trat das Letztere ein, so wurde die Cornea nach hinten wieder von auffallend scharfen Linien begrenzt gefunden, aber es gelang nicht, von den Schnitten Reste zu erhalten, an denen man die vermuthete Zwischenmembran hätte constatiren können. Wo die *Descemet*'sche Haut nach dem Kochen verdaut wurde, fehlte das der ungekochten eigenthümliche Aufquellen, oder es entwickelte sich nur eine unbedeutende Verdickung, wobei oft zahlreiche parallele, glatte Streifen darin sichtbar wurden.

Um das Verhalten des frischen, nicht mit Alkohol behandelten Objectes kennen zu lernen, habe ich sowohl ganze Hornhäute, wie abgezogene Fetzen der *Descemet*'schen Haut der Verdauung unterworfen. Die letzteren wurden leicht in 4—5 Stunden verdaut, während man sich an den ersteren so viel später erst von dem Verluste der inneren Haut überzeugen konnte, dass mir ein die Verdauung erschwerender Einfluss des Haftens der Membran gegen die Substanz der Cornea wahrscheinlich bleibt. Auch hier trat starke Quellung vor der Auflösung auf und wiederum wurde diese Erscheinung vermisst an vorher gekochten Präparaten. Meine Voraussetzung, von ganzen gekochten Hornhäuten nach vollendeter Verdauung das vorgenannte Zwischenlager als unlöslichen Rest zu erhalten, bewährte sich, denn ein solches blieb in der That in Gestalt eines faltigen, zarten und sehr trüben Häutchens zurück. Gleichwohl nehme ich Anstand, dasselbe für eine besondere präexistirende Membran zu nehmen, denn nichts verbürgt bis jetzt, dass jener Rückstand nicht eine durch

Kochen unverdaulich oder sehr schwer verdaulich werdende, nach der Auflösung eines andern verdaulich bleibenden Antheiles, in eigenthümlicher Form zurückbleibende Substanz darstelle, welche vielleicht durch die ganze Dicke der M. Descemetii verbreitet vorkommt. Es wird um so schwerer sein hierüber zu entscheiden, als die gekochte Membran im Verlaufe der Verdauung nur allmählich zu dem genannten trüben Häutchen einzugehen scheint.

Durch ½—1stündiges Behandeln einer Froschcornea mit OsO_4 von 0,5 pCt. wurde die *Descemet*'sche Membran bedeutend resistenter gegen Trypsinverdauung, so dass die Auflösung bestenfalls erst nach 12—24 Stunden erfolgte. Kochen der aus der OsO_4 genommenen und gewaschenen Präparate bewirkte constant leichte Verdaulichkeit des Cornealgewebes, während die *Descemet*'sche Membran noch resistenter, in vielen Fällen ganz unverdaulich geworden zu sein schien.

Aus diesem Verhalten der *Descemet*'schen Membran geht hervor, dass die chemische Zusammensetzung derselben weder mit dem der leimgebenden Gewebe, noch mit dem des Sarkolemms und der von *Chittenden* (a. a. O.) untersuchten Membranae propriae übereinstimmt. Ebenso verschieden fand ich die Membran vom elastischen Gewebe, da die Verdaulichkeit des letzteren durch Kochen mit Wasser niemals vermindert zu werden scheint und elastische Fasern (vom Oberschenkel des Kaninchens) obwohl durch Trypsin verdaulich, bei der von mir angewendeten Behandlung auf dem Objectträger nach 24 Stunden kaum verändert wurden.

Das Sarkolemm wird nach *Froriep*'s Angabe durch längeres Kochen mit Salicylsäure von 1 pCt. aufgelöst. Ich habe die Versuche *Froriep*'s wiederholt, indem ich Froschsartorien, mittelst der Sehnenenden gespannt, erst 3 Tage in eine alkoholische Lösung von 2½ pCt. Salicylsäure legte, dann 2 Stunden in einer wässrigen Lösung der Säure von 1pCt. kochte und ich habe darauf

den vollständigen Verlust des Sarkolemms bestätigen können. Durch *Chittenden*'s Erfahrungen über die hierbei möglichen Täuschungen vorbereitet, habe ich nichts unterlassen, um diesen zu entgehen, und ich kann darum umsomehr für die Richtigkeit der *Froriep*'schen Beobachtung eintreten. Wie vorauszusehen, war das Sehnen- und Zwischenbindegewebe der Muskeln bis auf die Zellen und elastischen Elemente aufgelöst, so dass die Muskelfasern überaus leicht zu isoliren und auf die Erhaltung ihres Sarkolemms zu prüfen waren: ich habe nirgends eine Spur des letzteren gefunden und weder irgendwo die *Chittenden*'schen Ringe, noch Fetzen oder andere Gebilde an den Sehnenenden bemerkt, die als Reste veränderten und geschrumpften Sarkolemms anzusehen gewesen wären. Auch in der Salicylsäurelösung, die vollkommen klar war, so lange sie warm blieb, fand sich nichts suspendirt. Wir haben es hier also mit einem eigenthümlichen Verhalten des Sarkolemms in kochender Salicylsäurelösung zu thun, das in der Gewebsanalyse vielleicht noch zu einem wichtigen Mittel wird; doch bin ich weit entfernt dasselbe so kurzer Hand und in dem Sinne, wie *Froriep* es gethan, zu verwerthen, da ja grade der Fall vorliegt, dass Gewebe, erwiesenermassen nicht leimgebender Natur, in diesem einen Punkte mit der Bindegewebsfibrille übereinstimmen, was selbstverständlich Differenzen in zahlreichen anderen Reactionen und schliesslich in der chemischen Constitution der Gewebsbildner nicht ausschliesst. Natürlich habe ich auch die *Descemet*'sche Membran genau in der bei den Muskeln befolgten Weise mit Salicylsäure behandelt. Das Ergebniss war ein negatives: die Membran wurde nicht angegriffen, als ich Stücke derselben oder ganze Froschcorneae der Behandlung unterwarf. Uebrigens erwies sich dasselbe auch ohne sichtbaren Einfluss auf Fibrinflocken und Stückchen von geronnenem Eiweiss.

Da die Trypsinverdauung wesentlich auf Albumine und wohl

auf diesen nächst verwandte Substanzen wirkt, wurden noch einige der gebräuchlichen Farbenreactionen mit gut ausgewaschenen Stücken der *Descemet*'schen Membran versucht. Die sogenannte Xanthoproteïnreaction ergab überaus kräftige orange, die *Millon*'sche intensiv rothe Färbung, während Sehnengewebe, das mit Trypsin von albuminösen Bestandtheilen gereinigt worden, nur Andeutungen jener Farben zeigte. Mit Natronlauge getränkte *Descemet*'sche Membranen färbten sich auf Zusatz höchst verdünnter Kupferlösung schön lila.

Heidelberg, den 1. October 1879.

Beiträge zur Histochemie des Sehepithels.

Von **R. H. Chittenden.**

Wird eine in NaCl von 0,5 pCt. suspendirte frische Retina des Frosches allmählich erwärmt, so sieht man sie bei 45° C. schnell weiss und opak werden und beim mikroskopischen Anblicke stark getrübt. Die Trübung ist am stärksten in der vorderen breiten granulirten Schicht, sowie in den Aussen- und Innengliedern der Stäbchen und Zapfen, während sich die Ganglienschicht etwas weniger, noch weniger die fibrilläre Opticusausbreitung, am wenigsten, vielleicht gar nicht, die inneren Körner getrübt erweisen. Durch Zerfasern solcher Netzhäute erhält man, wegen der Erstarrung bestimmter Antheile des Gewebes, leichter und für viele Zwecke geeignetere Präparate von grosser Schärfe und Klarheit, als nach den nahezu Alles erhärtenden Behandlungen mit Chromaten oder OsO_4. Dasselbe gilt für das aus dem halbirten oder unversehrt erwärmten Bulbus entnommene Pigmentepithel,

dessen Zellen zwar kaum getrübt erscheinen, aber die bei der Untersuchung des frischen Objectes störende Weichheit verloren haben. Unterschiede zwischen lange belichteten und dunkel gehaltenen Augen sind nur insofern zu bemerken, als das Epithel aus den ersteren mit der Netzhaut ausschlüpft, aus den letzteren nur, falls der Bulbus erst einige Zeit nach dem Tode erwärmt worden. Dagegen haftet das Epithel sehr fest an der Stäbchenschicht dunkel gehaltener, auf 100° C. erhitzter Augen und die daraus durch Zerzupfen erhaltenen Epithelzellen zeigen sich mit langen, pigmentlosen Fortsätzen, welche bis an die M. limitans ext. reichen, besetzt.

Ohne Zweifel beruht die Wärmestarre der Netzhaut auf Gerinnung von Eiweissstoffen, welche auch im Sehepithel enthalten sein müssen. Hieran mag bezüglich des Deckepithels und der Innenglieder der Stäbchen und Zapfen überhaupt nie gezweifelt sein, wir sehen aber, dass es sich hier um Eiweissstoffe handelt, die bei niederer Temperatur gerinnen, und erfahren es ausserdem von den Aussengliedern der eigentlichen Sehzellen, deren chemischer Bau noch wenig bekannt ist. In Uebereinstimmung mit dem Albumingehalte aller Theile des Sehepithels steht das bekannte Verhalten derselben gegen sämmtliche Eiweiss coagulirenden Mittel (Sublimat, Salpetersäure u. s. w.), worin auch die Stäbchenaussenglieder schrumpfen und trüb werden.

Da die Netzhaut nach längerem Liegen bei gewöhnlicher Temperatur trübe wird, dürfte auf eine der Leichenstarre der Muskeln ähnliche Gerinnung darin zu schliessen sein, worauf übrigens schon die beim Absterben sich entwickelnde Unlöslichkeit des Sehpurpurs für Galle deutet. Ich habe es vortheilhaft gefunden, statt der natürlichen Erstarrung die künstliche und viel bedeutendere, jeden Augenblick bei 45° C. zu erzielende, als Mittel zur weiteren Untersuchung zu verwenden.

Wärmestarre Froschretinae mit Galle irgendwelcher Concen-

tration behandelt, geben trotz starker Erweichung niemals Sehpurpur an dieselbe ab; sie verhalten sich in diesem Punkte also wie einfach abgestorbene, und die mikroskopische Untersuchung lehrt, dass die Stäbchen auch in ganz anderer Weise von der Galle verändert werden, als im frischen oder überlebenden Zustande.

Betropft man eine frische Froschretina mit Galle von $2^1/_2$ pCt., in welcher zur Verhütung der Fäulniss etwas Thymol gelöst worden, so scheint die Membran in einigen Stunden nahezu vollständig zu verschwinden und es wird nur durch einen Kunstgriff möglich, die wirklich ungelöst bleibenden Antheile zu erkennen. Ich fand es zweckmässig, die Masse etwa zehnfach mit Wasser zu verdünnen und in einem Becherglase so lange mit Alkohol zu versetzen, bis die ersten Eiweissfällungen entstanden, die ich darauf durch Absetzen in einem Spitzglase sammelte, durch Decantiren und mit der Pipette auffing, in wenig Wasser vertheilte und wieder zu Boden gehen liess. So ist man sicher, die in Galle unlöslichen Reste sämmtlich zu erhalten und zu erkennen. Ausser Radialfasern, spongiöser Substanz, und den Gefässen der M. hyaloïdea fand ich vor Allem Reste der Stäbchenaussenglieder in grosser Menge, aber dieselben waren zu feinen, gewundenen und runzligen Fäden zusammengegangen, die nur durch genaue, während der allmählichen Entstehung dieser Formen unter dem Mikroskope zu erwerbende Bekanntschaft mit dem Objecte, als Abkömmlinge der Stäbchenaussenglieder zu erkennen waren. Dieselben wurden nicht angegriffen durch Kalilauge von 2 pCt., nahmen mit OsO_4 keine Färbung an und wurden nur schwach gelb nach successiver Behandlung mit HNO_3 und NH_3. Es handelte sich also um die reinen, allen Inhaltes beraubten Keratinhüllen der Stäbchen.

Der gleiche Versuch mit wärmestarren Netzhäuten angestellt, ergab viel beträchtlichere Reste der Stäbchen, von eigenthüm-

lichem Glanze und theilweise noch soweit erhaltener Form, dass Andeutungen der Plättchenstructur kenntlich blieben. Mit OsO_4 färbten sich die Stäbchenreste erst nach langer Einwirkung gelblich bis hellbraun, während die sog. Xanthoproteïnsäurereaction sehr deutlich ausfiel. Ich schliesse hieraus, dass die Stäbchenaussenglieder in einer Keratinhülle, neben den durch OsO_4 stark zu färbenden myelogenen Stoffen, auch einen Eiweisskörper enthalten, der bei 45° C. gerinnt und nach der Gerinnung für Galle unlöslich wird. Mehr Eiweiss wird als Rest erhalten aus gekochten Netzhäuten, die in Galle überhaupt nur wenig veränderlich sind und deren Stäbchen darin unter geringer Volumveränderung auch schwer von dem durch OsO_4 intensiver zu färbenden Antheile befreit werden. Durch Behandlung mit Alkohol vor dem Einlegen in Galle wird Aehnliches erzielt, nur mit dem Unterschiede, dass OsO_4 die Stäbchen begreiflich kaum färbt.

In der Trypsinverdauung gab es ein Mittel aus der wärmestarren, oder selbst gekochten Netzhaut die geronnenen Albumine der Sehzellen zu entfernen, während umgekehrt die myelogenen Stoffe zurückbleiben mussten. Dieser Voraussetzung entsprachen die Reste der Stäbchen, welche ich nach Verdauung mit alkalischer Trypsinlösung erhielt, wirklich, aber ich habe es nicht dahin bringen können, den sehr bedeutenden Rückstand myelogener, stark auf OsO_4 reagirender Stoffe, der in den Stäbchenhüllen blieb und überall an die Plättchenstructur erinnerte, so frei von Albuminen zu erhalten, dass die Xanthoproteïnsäurereaction in dem Grade schwächer ausfiel, als ich erwartet hatte. Wie es scheint, liegt dies an einer durch die Behüllung der Albumincoagulate mit den myelogenen Materien bedingten Verzögerung der Verdauung, denn als ich mit Alkohol extrahirte und ausserdem mit Wasser gekochte Netzhäute nach der Trypsinwirkung untersuchte, fand ich von den Stäbchen nur die seit *Kuhnt*'s Untersuchungen bekannten Keratinhüllen, die sich mit NHO_3 und NH_3

ihrer geringen Masse entsprechend, schwach färbten. Am vollkommensten habe ich mich von dem Umstande, dass hiernach nur Scheiden der Stäbchen übrig bleiben, an solchen Netzhäuten überzeugen können, die zunächst mit OsO_4 von 1 pCt. gründlich geschwärzt, dann mit Alkohol extrahirt, mit Wasser gewaschen und verdaut waren, denn hier fand ich manche Stäbchen, die an einem oder an beiden Enden noch geschwärzte Reste enthielten, während sich dieselben in ihren vollkommen entfärbten Antheilen als kaum gefaltete dünnwandige Röhrchen darstellten. Neben Albuminen enthalten die Stäbchenaussenglieder jene Materien, denen sie den eigenthümlichen Glanz und die starke Lichtbrechung verdanken und von welchen man seit *Max Schultze* und *Rudnew* die auffallende Reaction gegen OsO_4 kennt. Letztere erinnert bekanntlich an die des Nervenmarkes, welche ebenfalls von nicht albuminösen, sondern von in Alkoholäther (aber auch in Galle) löslichen Stoffen herrührt. Man kann die fragliche Materie als den myelogenen Antheil bezeichnen und wenn das ganze Nervenmark Myelin heissen soll, so empfiehlt es sich nach dem Vorgange *Kühne*'s das Stäbchenmark als „Myeloïd" zu benennen, da dasselbe von jenem in der OsO_4-Reaction durch die mehr zum Grün, niemals zum Blau, wie beim Nervenmarke, neigende Färbung abweicht. Dass mit Galle extrahirte Stäbchen ebenso wie gleichbehandelte Nerven, auf OsO_4 nicht mehr reagiren, wurde vorhin erwähnt, und wir wissen jetzt auch, dass das Myeloïd der Albumine beraubt werden kann, ohne aufzuhören durch OsO_4 schnell und intensiv gefärbt zu werden. Ich muss hervorheben, dass das Myeloïd auch in diesem, irgendwie hergestellten Zustande nicht die bläuliche Nuance des mit OsO_4 gefärbten Myelins annimmt.

Ebenso wie den Nerven, wird den Stäbchen der OsO_4 reducirende Antheil durch Aether und durch kalten Alkohol entzogen, und ich bemerkte, dass der letztere dazu weitaus am brauch-

barsten ist, da es mir schon nach kurzer Einwirkung desselben gelang, nicht mehr zu schwärzende Stäbchenschichten zu gewinnen. Mit Aether gelang dies erst nach tagelanger Einwirkung, obwohl die Stäbchen bald sehr verändert, in starkem Plättchenzerfall und bedeutend auf Kosten der Dicke in die Länge gezogen erschienen. Ich habe nicht untersucht, ob die Wirkung beschleunigt werde durch vorheriges Trocknen der Netzhaut, weil das Verfahren zu schlechte mikroskopische Objecte versprach, aber ich habe mich überzeugt, dass Netzhäute, denen der Aether selber bereits das Wasser entzogen hatte, noch weit entfernt waren mit OsO_4 ungefärbte Stäbchen zu liefern. Fast ohne Einfluss fand ich in dieser Beziehung das Benzol, welches nach *Kühne* Cerebrin leicht auflöst, obwohl die Netzhäute darin so hart und brüchig geworden waren, dass ich auf das Eindringen des Mittels rechnen durfte. Nach längerem Verweilen in Benzol wurden die Präparate übrigens an sich schon schwach bräunlich.

Das Stäbchenmyeloïd gewinnt besonderes Interesse durch die von *Ewald* und *Kühne* in den Pigmentzellen der Retina gefundenen farblosen Klümpchen, die den Reactionen nach, abgesehen von der Unterscheidung vom Epithelfette, wofür sie bis dahin gegolten hatten, für Myeloïdkörner gehalten werden mussten. Neuerdings hat *Angelucci*[1]) (ohne Angabe seiner Quelle) die Mittheilungen von *Ewald* und *Kühne* über das Verhalten dieser Körner wiederholt und, wie es scheint, auch durch eigene, freilich weniger ausgedehnte Beobachtungen bestätigt. Ich glaube einige weitere Uebereinstimmungen zwischen dem Myeloïd der Epithelkörner oder Klümpchen und der Stäbchen vorbringen zu können. Vor Allem liegen diese in den Veränderungen der Löslichkeit der Körner für Galle durch Erwärmen auf 45° und höhere Temperaturen, wovon ich mich um so leichter zu überzeugen vermochte, als die wärmestarren Epithelzellen selber nicht

[1]) Arch. f. Anat. u. Physiol. Physiol. Abth. 1878. S. 353.

mehr von der Galle gelöst wurden, was die Beobachtung sehr erleichterte. An gedrückten Objecten mit freien Myeloïdkörnern war ebenfalls nichts von der merkwürdigen Auflösung in Galle zu sehen, welche das frische Object zeigt. Ferner gelang es mir die Körner nach der Coagulation sowohl mit Galle, wie mittelst Alkohol und Aether der OsO_4-Reaction zu berauben, insofern die überhaupt langsamer, als Stäbchen im Allgemeinen, dunkel werdenden Gebilde auch nach tagelangem Liegen in starkem Ueberschusse der Säure nur gelb bis hellbräunlich wurden. Die Extraction hat hier länger als bei den Stäbchen zu dauern, da das Protoplasma, worin die Körner vergraben liegen, derselben Hindernisse zu bereiten scheint. Meine Bemühungen, die von dem myelogenen Antheile befreiten Albumine der Myeloïdkörner durch die Löslichkeit in Trypsin, oder durch andere Eiweissreactionen so nachzuweisen, wie es bei denen des Stäbchenmarkes geschehen war, scheiterten einestheils an der Schwierigkeit sich in dem Pigmentbreie, der nach der Zersprengung und Auflösung der Epithelzellen zurückblieb, sicher von der Abwesenheit der Körner, von welchen ich freilich nach der Verdauung nichts mehr vorfand, zu überzeugen, anderntheils an der Unmöglichkeit Eiweissreactionen an einem Objecte anzustellen, das nur ganz von Protoplasma umgeben vorkommt.

Heidelberg, den 1. October 1879.

Zum chemischen Verhalten des Sehpurpurs.

Von **W. C. Ayres.**

Nach *Kühne*'s Beobachtungen schlägt die Extraction des Sehpurpurs aus den Stäbchen fehl, wenn die Retina bis zur Trübung abgestorben ist, ein Umstand, der die Darstellung des

Farbstoffs aus Säugernetzhäuten, welche denselben in größerer Menge liefern könnten, in unangenehmer Weise erschwert. In der Vermuthung, dass der Purpur unlöslich werde durch einen der Leichenstarre ähnlichen Gerinnungsvorgang, habe ich versucht, das Absterben der Netzhautgewebe unter Umständen vor sich gehen zu lassen, die geeignet schienen, albuminöse Gerinnungen entweder zu verhüten oder entstandene Gerinnsel sogleich wieder in Lösung zu bringen.

Nach bekannten Erfahrungen am Myosin der Muskeln empfahl sich NaCl-Lösung von 10 pCt. Froschnetzhäute, die ich frisch in die Salzlösung gebracht hatte, quollen alsbald zu einer schleimigen Masse auf, und diese fand ich nach tagelangem Stehen noch brauchbar zur Extraction des Purpurs mit Galle von 2,5 pCt., so dass ich prächtig gefärbte klare Filtrate gewann. Dasselbe glückte mit Kaninchennetzhäuten, welche 24 Stunden in der Salzlösung gelegen hatten.

Die erhaltenen Purpurlösungen zeichneten sich durch besondere Klarheit und Haltbarkeit aus; doch fand ich, dass die Fäulnissfähigkeit noch geringer wird, wenn man die gewöhnlichen Purpurcholatlösungen mit einer gesättigten Salzlösung auf den vollen Gehalt von 10 pCt. NaCl bringt. Benzoësaures Natrium, das besonders *Klebs* als Desinficiens empfiehlt, gab ebenfalls gute Resultate, obschon es damit, wenigstens bei Zusätzen von 1—2 pCt., nicht gelang, die Fäulniss dauernd zu verhindern.

Bei weiterem Suchen nach Methoden zur Entziehung des Sehpurpurs aus abgestorbenen Netzhäuten stiess ich auf ein unerwartetes Verhalten des Farbstoffs. Als ich Retinae der Wirkung von Trypsin und Galle gleichzeitig unterwarf, vermisste ich nicht nur allen Uebergang der Farbe in die Lösung, sondern es wurde auch der ganze ungelöst gebliebene Rückstand farblos gefunden. Ich erwärmte nun eine fertige, klare Purpurlösung in Galle von 2,5 pCt. auf 35° C. und versetzte sie mit dem gleichen Volum einer

0,3 pCt. Soda enthaltenden Trypsinlösung, die ausserdem 2 pCt. Natriumbenzoat enthielt.

Schon nach einer halben Stunde fand ich die Lösung gelb und später etwa so blassgelb, wie die Trypsinlösung an sich aussah; es war also aller Sehpurpur zersetzt. Die Versuche wurden vielfach variirt, die Trypsinlösung neutralisirt, mit und ohne Benzoatzusatz angewendet, die Concentration der Galle und das Verhältniss zwischen Purpurlösung und Verdauungsflüssigkeit gewechselt: aber immer beobachtete ich eine nur von der Menge des Trypsins zeitlich abhängige Entfärbung, und dass dieselbe ausschliesslich vom Trypsin und dessen digestiver Wirkung herrührte, bewies die tagelange Erhaltung der Farbe in erwärmten Controlproben, deren Trypsinzusatz vorher gekocht worden. Einmal in Galle aufgelöster Sehpurpur widersteht also der pankreatischen Trypsinverdauung nicht.

Diese Thatsache war um so weniger zu erwarten, als *Kühne* die vollkommene Erhaltung der Netzhautfarbe während der Trypsinverdauung festgestellt hatte. Ich habe mich wiederholt von dieser Unzerstörbarkeit des ungelösten Purpurs überzeugt und auch bemerkt, dass zuvor in NaCl von 10 pCt. schleimig gewordene Netzhäute, sowie in NH_3[1]) gequellte in den wirksamsten pankreatischen Verdauungsflüssigkeiten, nach tagelangem Erwärmen einen Bodensatz von unveränderter, lichtempfindlicher Purpurfarbe hinterliessen, dem sich so lange nichts Missfarbenes beimischte, als der Benzoatzusatz die Fäulniss wesentlich einschränkte.

Da die nach *Kühne*'s Angaben bereitete pankreatische Ver-

---

[1]) Ich benutze die Gelegenheit, um meine frühere Angabe, dass NH_3-Zusatz die Bleichungszeit der Froschnetzhaut am Lichte bedeutend verlängere, zu berichtigen. Nach Beobachtungen von Herrn *Ayres*, denen ich beiwohnte, ist ein solcher Einfluss des NH_3 am Tageslichte sehr verschiedener Intensität nicht zu bemerken, wenn man genau vergleichend verfährt.

W. K.

dauungsflüssigkeit nur Trypsinwirkung und keine Wirkung auf Fette und Stärke zu besitzen pflegt, so war zunächst nur an einen, der digestiven Eiweissspaltung ähnlichen, den Sehpurpur zersetzenden Vorgang zu denken; doch mag daran erinnert werden, dass das aus Ochsenpankreas dargestellte Trypsin, ebenso, wie das Laab des Magens Caseïn in neutraler Lösung coagulirt[1]). Gemischter Speichel vom Menschen, den ich ebenso unbeschadet von der Gegenwart der Galle auf Stärke wirksam fand, wie das Trypsin auf Fibrin, veränderte die Farbe der Sehpurpurlösung gar nicht.

Meine Beobachtungen sind nicht ausgedehnt genug, um mir Erörterungen über die chemische Natur des Sehpurpurs zu gestatten, welche nach dem Verhalten dieses Farbstoffes gegen ein Enzym, von dem man ausschliesslich Wirkungen auf Albumine oder diesen verwandte Körper kennt, nahe liegen würden. Ich darf mir aber erlauben noch an den merkwürdigen, auf eine chemische Verbindung des Sehpurpurs mit irgend einer anderen in den Stäbchen befindlichen Substanz deutenden Umstand zu erinnern, der in der Unzugänglichkeit der Netzhautfarbe für die Trypsinwirkung, vor der durch die Galle erzeugten Trennung des Farbstoffs von dem natürlichen Substrate liegt. Bemerkenswerth ist endlich, dass intensivste Fäulniss, wie ich wiederholt bestätigt fand, den Sehpurpur selbst bei 40° C., weder in der Retina, noch in der Cholatlösung, trotz der Zersetzlichkeit letzterer durch Trypsin, verändert.

Heidelberg, im August 1879.

---

[1]) Vgl. *W. Kühne.* Verhandl. d. naturhist.-med. Vereins zu Heidelberg. Bd. I. Heft 4. 2. Mai 1876.

Beobachtungen über die Absonderung des Pankreas[1]).

Von

W. Kühne und **A. Sh. Lea.**

Mitgetheilt von **W. Kühne.**

(Mit Taf. 2—6 und einem Holzschnitt.)

Die folgende Darstellung einiger Erscheinungen an der lebenden Bauchspeicheldrüse bezieht sich auf Beobachtungen und Erfahrungen einer langen, bis zum Jahre 1868 zurückliegenden Zeit, seit welcher ich wiederholt den Versuch gemacht habe, ein möglichst vollständiges Bild dessen, was von den Vorgängen in einer lebenden Drüse des Säugethieres überhaupt sichtbar ist, zu gewinnen. Die Anregung zu diesen gelegentlich immer wieder aufgenommenen Versuchen darf ich auf *Cl. Bernard*'s erste Darstellung des Kaninchenpankreas zurückführen, in welcher zum ersten Male das Aussehen lebensfrischer, wegen ihrer flachen und dünnen Ausbreitung der mikroskopischen Untersuchung vollkom-

[1]) Eine kurze Mittheilung dieser Untersuchungen wurde im October 1876 in den Verhandlungen des Naturhistorisch-Medicinischen Vereins zu Heidelberg publicirt. Z. Th. durch die Rückkehr Herrn *Lea*'s nach Cambridge verzögerte sich die ausführlichere Publication, obwol die Tafeln schon 1878 gedruckt waren. In Folge dieser Verzögerung sind der 3. u. 4. Band der „Untersuchungen aus dem physiologischen Institute zu Heidelberg" erschienen, bevor das vorliegende Heft 4 des 2. Bandes vollendet war und die vor stehenden Arbeiten der Herren *Krukenberg*, *Chittenden*, *Sasse* und *Ayres* seit lange durch Separatabzüge bekannt geworden, obgleich sie jetzt erst in die weitere Oeffentlichkeit treten. *W. K.*

men zugänglicher Drüsenläppchen und unberührter Secretionszellen beschrieben wurde. 1856 ist *Bernard*'s berühmtes „Mémoire sur le pancréas" erschienen mit der Abbildung jenes wichtigen Objectes auf Taf. 1—2, Fig. 6 und erst 1869 findet sich in der Dissertation von *P. Langerhans* ein Hinweis darauf. Heute ist es nach *Heidenhain*'s eingehenden physiologischen Arbeiten über das Pankreas und besonders nach der schönen Zusammenstellung derselben in dem von *L. Hermann* herausgegebenen Handbuche der Physiologie unnöthig ein Wort über die Bedeutung der ersten *Bernard*'schen Beobachtung hinzuzufügen. *Cl. Bernard* nährte auch die Hoffnung, es werde einmal gelingen, am Kaninchenpankreas die Secretion im Lebenden zu sehen.

Es mag Schuld der Einrichtung unserer Mikroskope sein, daß derartige Beobachtungen so lange auf sich warten ließen. Nachdem ich vielfach vergeblich versucht hatte, das Kaninchenpankreas bei genügender Vergrößerung zu untersuchen, glückte es *Langerhans*, das des Triton, welches leichter zugänglich ist, mit erhaltener Blutcirculation zu betrachten; die Drüse war aber nicht in genügender Ausdehnung durchsichtig und schien überhaupt weniger geeignet, wol weil sie nicht so acuten Veränderungen unterliegt, wie die des Säugethiers. Erst als mir im Jahre 1868 ein größeres Mikroskop von *Powell* und *Lealand* zur Verfügung stand, sah ich mich der Erfüllung des alten Wunsches nahe, Beobachtungen am Mesenterium der Duodenalschlinge und dem darin liegenden Pankreas anzustellen und dieser Zeit entstammt ein großer Theil des Folgenden, sowie der von Herrn *Lea* und mir in den Verhandlungen des hiesigen naturhistorisch-medicinischen Vereins am 26. Oct. 1876 kurz mitgetheilten Befunde. Ich muß dies erwähnen, weil manches den Fachgenossen weit früher bekannt geworden ist, was sie hier zum ersten Male eingehender mitgetheilt finden.

Wenn man nach den Einrichtungen fragt, welche zu mikro-

skopischen Untersuchungen am lebenden Säugethiere gedient haben, so vernimmt man aus Wort und Bild in der Regel, daß irgend ein recht unvollkommenes Gestell eines alten Mikroskops mit neueren Objectiven versehen an das meist sehr sinnreich und mit allem experimentellen Comfort unserer Tage umgebene und fixirte Object gebracht wurde und muß es dann erklärlich finden, daß unsere Vorgänger mit den ersten, heute mitleidig belächelten Mikroskopen grade Einiges beobachteten, was den jetzigen Instrumenten, besonders den mit solidester Tischeinrichtung versehenen, fast unzugänglich scheint. Diesen später entstandenen und empfundenen Schwierigkeiten, deren Ueberwindung einer früheren Zeit nicht zugetraut wurde, werden es die ausgezeichneten Forscher an der Wende des 17. Jahrhunderts zu danken haben, daß ihre Entdeckungen ganz in Vergessenheit geriethen. Sind doch die schönen Beobachtungen von *W. Cowper*[1]) über den Blutlauf im Mesenterium der Katze und des Hundes so vollständig vergessen worden, daß 1856 *R. Wagner*[2]), 1870 *Burdon-Sanderson* und *Stricker*[3]) die Erscheinung am Warmblüter zum ersten Male gesehen zu haben glaubten; höchstens wurde *Leeuwenhoek* die Beobachtung am Fledermausflügel zuerkannt und 1875 mußten wir erleben, daß der mikroskopische Anblick des kreisenden Blutes in der Froschlunge, mit dem *Malpighi* 1686 die Lehre vom Kreislaufe zuerst über jeden Zweifel erhoben hatte, für etwas neues gehalten wurde. Nichts hätte *W. Cowper* vor 180 Jahren hindern können, das Kaninchenpankreas im Lebenszustande zu betrachten, wenn es für ihn Interesse gehabt hätte.

Was mich zuerst verhinderte, die Untersuchungen fortzusetzen, war die Schwierigkeit, die freiliegende Darmschlinge ge-

---

[1]) Philos. Transact. XXIII. p. 1182.

[2]) Göttinger Nachr. 1856. S. 217. S. 226 berichtet *Wagner* auch über einen erfolglosen Versuch die Blutbewegung im Pankreas zu sehen.

[3]) Quart. Journ. of Micr. Sc. X S. 362.

nügend vor Schädlichkeiten zu bewahren. Das Object mußte mit Salzlösung oder Serum angepinselt werden, wodurch das Instrument beschmutzt wurde, und der Abkühlung vorzubeugen, war schwierig. Ich ließ ein kleines Treibhaus bauen, welches das ganze Mikroskop mit dem Kaninchen aufnahm und aus dem nur das Ocular durch einen starken Tuchvorhang herausragte, durch welchen man mittelst zweier Handlöcher zum Objecte gelangte. während sich dasselbe in erwärmter und mit Wasserdampf gesättigter Luft befand. Das Verfahren erlaubte nur mit Immersionssystemen zu arbeiten und war sehr mühsam und unbequem. Erst durch die sinnreiche von Herrn Collegen *Thoma* für Untersuchungen am Frosche eingeführte Irrigation[1]) kam ich auf das Richtige, indem ich die fließende Salzlösung auf Bluttemperatur brachte. Herr *Thoma* hat das Verfahren und was es für dauernde Beobachtungen des Blutlaufes bei Säugethieren leistet, inzwischen so eingehend beschrieben, daß ich bezüglich dieses Punktes auf seine bekannte Arbeit[2]) verweisen darf.

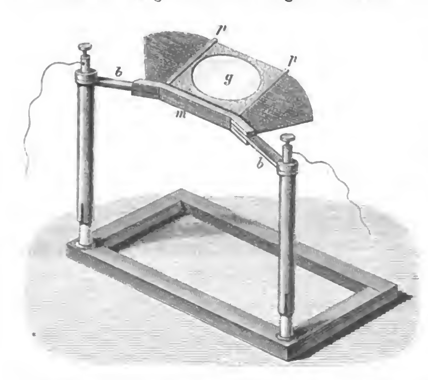
Die Einrichtung, deren ich mich mit Herrn *Lea* im Frühjahre und im Sommer 1876 bediente, und welche dieser mit vielem Geschick und großer Ausdauer verwendete, war etwas einfacher. Wir haben das Kaninchen nicht mit Curare vergiftet und es selbstständig athmen lassen. Das Thier wurde zuweilen mit Chloral, später immer mit Aether narkotisirt unvollkommen immobilisirt, da gelegentliche zuckende Bewegungen die Beobachtung nur kurz unterbrachen, selten dem Objecte schadeten. Damit das aufgebundene Thier nicht erheblich abkühle, worüber ein Thermometer im Anus Aufschluß gab, wurde es ganz in Watte eingepackt mit Binden umwickelt, die nur das Operationsfeld frei ließen, was an sich schon stärkere Bewegungen verhinderte, da die Binde zugleich in vielen Gängen um das haltende Brett geschlungen

[1]) *Virchow*'s Archiv Bd. 65. S. 36.

[2]) *Virchow*'s Archiv Bd. 74. S. 360.

war. Taf. 2 zeigt die Einrichtung, an welche das Kaninchen gebracht wurde: *a* ist ein großes Wasserbad, worin 2 Flaschen mit physiologischer NaCl-Lösung erwärmt werden; die größere *Mariotte*'sche Flasche diente zum Nachfüllen und Vorwärmen der aus der kleineren Flasche durch einen Schlauch in das Röhrchen *C* hinübergeheberten Lösung. In *C* befand sich das die Temperatur der Flüssigkeit unmittelbar vor dem Abfließen auf das Object controlirende Thermometer. Sollte die Temperatur schnell geändert werden, so ließ man wärmere oder kältere Salzlösung aus dem großen Becherglase *b*, das ebenfalls in einem Wasserbade stand, zufließen. Das Kaninchen ist auf einem vertical verstellbaren in beliebiger Neigung zu fixirenden Brette befestigt, das mittelst zweier Metallsäulen auf einem langen, schmalen gußeisernen Fuße *(f)* ruht. Dieser Theil mit dem Thiere ist es, der kaum an andere Mikroskope gehörig heranzurücken ist, als an die größeren englischen Stative mit ihrem weit vorspringenden Tubusträger und dem vielfach beweglichen, weit durchbrochenen Tische. In der Abbildung sind das eigentliche Object (die Darmschlinge) und der Objectträger fortgelassen, da die Détails unerkennbar geworden wären; man sieht von dem Objectträger nur 2 aufwärts gehende Stäbe durch einen Querbalken verbunden, nicht den daran befindlichen, der Tischebene parallelen, zur Lichtseite vorspringenden 10 mm breiten Glasstreifen, auf welchem das Mesenterium mit dem Pankreas ruhte, während der Darm zu beiden Seiten herabsank. Je nach Bedürfniß wurde der an den Kanten natürlich gut abgerundete Glasstreif an den Seiten mit Flügeln von Hartgummi versehen, um dem Darme mehr Stütze zu bieten. Für besondere Zwecke wurde ein anderer „Objectstuhl" (vergl. den Holzschnitt) benutzt, der den ebengenannten erläutern hilft. Der untere Rahmen wird in den durch Schrauben nach allen Richtungen der Objectebene verstellbaren Tisch des Mikroskops befestigt, so daß man die Sitzplatte des Stuhles,

ohne diesen oder das Object berühren zu müssen, durch die Tischschrauben bewegt. Das Uebrige ist bestimmt das Mesenterium zu halten und den beobachteten Antheil zwischen Electroden zu nehmen, zu welchem Zwecke die Stuhlbeine aus Glasstäben gemacht sind, auf welchen Messingröhrchen laufen, die mittelst der Messingbügel *b b* in die Platinstreifen *p p* übergehen. Mit Ausnahme des Glasscheibchens *g* besteht das Uebrige aus Hartgummi, sowohl die Stuhlplatte mit den Seitenflügeln, wie das Mittelstück *m*. Zur Beleuchtung des Objectes diente eine in die Condensatoröffnung eingesetzte, mit Cylinderblendungen versehene, leicht zu verlängernde Röhre, welche bis unmittelbar unter die Stuhlplatte reichte.



Zuweilen wurde der Objectstuhl an seinem Querbalken nur mit 2 horizontal vorspringenden schmalen Leisten von Hartgummi versehen und das hohl daraufhängende Mesenterium nur oben mit dem Deckglase bedeckt, um an die untere nackte Fläche 2 an der Lichtröhre isolirt emporlaufende, federnde Drähtchen mit abgerundeten Enden bringen zu können, durch welche eine kleine Stelle des Pankreas electrischem Reize zu unterwerfen war, indem man die zuleitenden Köpfchen (am Knallgasgebläse entstandene Kügelchen der Platindrähte) einander über der Lichtöffnung stark näherte.

Um die Berieselungsflüssigkeit aufzufangen und abzuleiten,

wurde über die lichtzuleitende Röhre eine konische Blechröhre geschoben, die an einer Stelle ihres Umfanges wasserdicht mit einem aus Guttapercha geformten Trichter umgeben war, aus welchem das Salzwasser durch einen seitlichen Ansatz mit Schlauch in den Trichter *g* abfloß. Der Guttaperchatrichter diente unter Umständen statt der Flügel an dem Objectstuhle zur Stütze des Darms und erhielt verschiedene Gestalt, je nach der am zweckmäßigsten befundenen Stellung der Axe des Mikroskops zur Horizontalen. Es war unter Umständen angenehm, das Mesenterium vollkommen vertical hängend zu beobachten, während der Tubus horizontal stand, in welchem Falle eine Gasflamme an Stelle des Beleuchtungsspiegels trat.

Auf Taf. 2 rechts sieht man noch eine Einrichtung zur Injection resp. zur Messung des Absonderungsdruckes. Die U förmige Röhre *d* erweitert sich zu einem Gefäße für die Injectionsmasse, welches unten durch Quecksilber abgesperrt, oben mittelst eines durchbohrten Glaspfropfens verschlossen ist, an welchen sich die mit Hahn versehene, vorn schwach geknöpfte Canüle für den Ausführungsgang des Pankreas anschließt. Durch den Trichter *e* mit Schlauch und Klemme wird Quecksilber nachgefüllt, das die Injectionsmasse in die Drüse treibt.

Fast ohne Ausnahme wurde das Object mit einem Deckglase belegt, gewöhnlich mit einem an 3 Seiten von einem sehr leichten Rahmen aus Hartgummi umgebenen, das von der Salzlösung nicht überfluthet werden konnte. Zu den Beobachtungen wurden Syst. 4, 5, 7, 8 und 9 à immersion von *Hartnack* und $^1/_4$ von *Powell* und *Lealand*, das sich ähnlich wie Syst. 5 besonders für stärkere Ocularvergrößerung eignete, verwendet.

Ueber die Herrichtung des Objectes ist kaum mehr zu sagen, als daß man die Wunde nahezu unblutig rechts an der Grenze der Stamm- und Bauchmuskeln anzulegen und grade groß genug zu machen hat, um das Duodenum ohne Klemmung hervorbringen

zu können. Praktisch ist es auch, die Wunde erst größer zu machen und durch Nähte zu verengern, nachdem das Duodenum ausgeschlüpft ist. In allen Fällen wurde der Ausführungsgang mit einer Canüle versehen, aus welcher der Saft entweder frei abtropfte oder in einer horizontalen Glasröhre weiter floß, wenn das Manometer oder der Injectionsapparat nicht angelegt wurden. Die auf irgend eine Weise zu fixirende Canüle bereitet den Versuchen die meisten Umstände, weil sie oft die Einstellung derjenigen Strecken des Pankreas erschwert, welche die dünnsten und freiliegendsten sind; unter solchen Umständen den Gang unangetastet zu lassen, damit das Secret in den Darm abfließe, ist nicht zu empfehlen, weil man in erster Linie Garantie für die bestehende Absonderung und gegen etwaigen Verschluß des Ganges durch Druck oder Faltungen braucht. Zur Controle der Absonderung haben wir entweder das Fortschreiten in der horizontalen Glasröhre gemessen, oder die Intervalle zwischen dem Abfallen der Tropfen. Nicht fette, die Mittelgröße nicht ganz erreichende Kaninchen wurden als die geeignetsten verwendet.

Bemerkungen zum Bau des Kaninchenpankreas.

Ueber den Bau der Drüse ist zum Verständnisse des Späteren Einiges voranzuschicken.

Schon aus *Langerhans* Erfahrungen wußte man, daß saubere und klare Bilder der Gänge und Lumina des Pankreas nur zu erhalten sind mit zähflüssigen Injectionen, wie Asphaltlack u. dergl., während Lösungen von Berliner Blau auch bei geringem Drucke sofort verworrene, z. Th. durch Extravasate verdeckte Präparate liefern. Wer die Drüse des Kaninchens injicirt hatte, in welchem Erfolg und Fortgang der Injection ohne Weiteres zu erkennen sind, konnte darum von der Darstellung *Sariottis* kaum überrascht werden, welche die größeren Lumina oder Centralcanäle der Alveolen noch in zahlreiche intercelluläre Canäle und unter

der Membrana propria gelegene Netze übergehen ließ, ähnlich den in der Gl. submaxillaris von *Giannuzzi* gefundenen. Die unter *Brücke*'s Leitung ausgeführte Arbeit von *Latschenberger* hob darauf mit Recht hervor, daß der Weg vom Drüsenlumen zur M. propria nicht in Gestalt von Canälen oder Röhren vorgebildet sei, sondern breite flache Spalträume darstelle, in welche die Injectionsmasse vielleicht erst unter ganz unphysiologischen Bedingungen eintrat. Von dieser Correktur abgesehen, haben die injicirbaren Räume jedoch an Interesse nicht verloren, und sie konnten es nicht, weil sie auch ohne Injection häufig sichtbar sind oder durch andere Mittel erkennbar werden; und wenn ihnen die Abwesenheit besonderer Wandungen Abbruch thun sollte, so würde dieser Einwand auch die Centralcanäle, ja alle Drüsenlumina treffen, denen nur absondernde Zellen zur Grenze gegeben sind.

Bekanntlich sind die Intercellularräume für vielerlei gehalten worden: 1. für bloße Spalten, wobei die Frage entsteht, welcher Art und welchen Ursprungs die Flüssigkeit sei, die sie enthalten; 2. für Kittplatten und Kittleisten; 3. für Protoplasma oder massiveres Material besonderer nicht secretorischer Zellen; 4. für Nerven. Wir haben es in erster Linie für nützlich erachtet, die An- oder Abwesenheit des Gebildes oder dessen Erkennbarkeit im Leben zu untersuchen, dann die Bedingungen unter welchen etwas Fremdes hinein oder an seine Stelle tritt, endlich welcher Art dessen eigene Substanz sei.

An lebenden Pankreas sind die Grenzen der Secretionszellen zuweilen überall, in der Regel wenigstens an zahlreichen Läppchen mit großer Deutlichkeit, selbst durch doppelte Contouren bezeichnet, und mit Hülfe dieser Contouren in die Tiefe längs der ganzen Berührung zweier Zellen zu verfolgen, ebenso an der Oberfläche die Netze oft in Gestalt von doppeltcontourirten feinen Rahmen in Kerben zu erkennen, welche die zur Membrana propria gewendeten Basen der Zellen umziehen. Das ganze Bild kann

aber auch fehlen, oder die Mehrzahl der Läppchen nichts davon aufweisen, eine wichtige Differenz, auf die wir zurückkommen. Da im lebenden oder lebensfrischen Pankreas die Hohlräume der fast schlauchartigen Alveolen oder die Drüsenlumina bis zu den Secretionszellen und bis an ihre oft leicht birnförmigen Enden zu verfolgen sind, bieten die Läppchen ein vortreffliches Object um das Eindringen einer Injectionsmasse direkt unter dem Mikroskope zu sehen und man sollte nicht versäumen, die Füllung in dieser Weise vorzunehmen, die am besten über deren Verlauf belehrt.

Wir haben es oft ausgeführt, sowohl am Lebenden bei noch bestehender Blutcirculation, oder in situ nach Beendigung unserer Versuche und Verblutung des Thieres, wie an dem mit dem Duodenum im Mesenterium herausgenommenen Präparate. Auf die Injectionsmasse kommt wenig an, falls man die zähen oder rasch erstarrenden vermeidet. Wo kein Secretionsdruck zu überwinden ist, sieht man die Farbe bei kaum meßbarem Drucke schnell bis in die Enden der Lumina vortreten, dann sich mit Spitzen und Buckeln besetzen, die überall zwischen die Drüsenzellen vorragen und an vielen Orten plötzlich birnförmige Kolben treiben, worauf alsbald Ausbreitung zu flachen, an die M. propria reichenden Platten erfolgt. An manchen Läppchen ergießt sich jetzt gleich ein bedeutendes Extravasat unter die Membran, Alles mit einem farbigen Mantel verhüllend, an anderen werden kleine farbige Kuppen zwischen den Zellen und der M. propria aufgetrieben. Man sucht daher eine weniger gefärbte Stelle auf und erhält nun den Anblick geordneter, alle Zellen an der Basis einrahmender Streifen, welche unmittelbar unter der M. propria ein zierliches Netz bilden, mit so viel polygonalen Maschen, als es Zellen giebt. Diesen Stellen entsprechende Schnitte aus gehärteten Alkoholpräparaten zeigen, daß die Rahmen dreieckigen Querschnitt haben. Es kommt also zu der Regelmäßigkeit des Netzes noch eine bestimmte Gestalt seiner einzelnen Stücke und wenn

dies dem Canalsysteme schon einigen selbständigen Charakter verleiht, so scheint ein solcher noch mehr hervorzutreten durch das Erscheinen des Netzes an Stellen, wo von Extravasaten nichts zu sehen ist, was an ganzen Läppchen und in der Weise vorkommen kann, daß man sogar vergeblich nach Communicationen des peripherischen Netzes mit dem Centrallumen suchen wird. Hier entscheidet nur die Entstehung der Injection unter dem Auge: es füllt sich das Rahmenwerk in der That nicht selten von wenigen Intercellularspalten, oft von den recht unregelmäßig geformten der sog. centroacinären Zellen aus und da sich die Spalten beim Abbruche der Injection nach der einen oder der anderen Seite ganz entleeren können, indem sich die Zellflächen wieder knapp zusammenlegen, wird zuweilen jede ehemalige Communication verwischt und ein Bild voller Räthseln steht vor uns.

Auffallend ist nun Folgendes: wird ein Pankreas unter geringstem Drucke mit leichtflüssiger Masse injicirt, so ist die Drüse alsbald in allen Gegenden mit makroskopisch erkennbaren Extravasaten durchsetzt, während andere Stellen garnicht oder sehr blaß gefärbt erscheinen. An den letzteren ist, häufig in unmittelbarer Nähe der schlimmsten Extravasate, nur der Axialcanal, dieser aber bis zum Ende gefüllt und selbst erneute Injection mit Druckerhöhung ändert daran nichts oder erzeugt nur schwache Erweiterung des Canals, ohne wahrnehmbare Expansion des Läppchens nach außen. Da man die Injectionsmasse in rückender Bewegung sehen kann, weiß man, daß nicht die gewöhnliche Ursache verstärkter Extravasation in der Nachbarschaft den Fortgang der Injection hemmt; und der Grund liegt wirklich anderswo, nämlich in der Beschaffenheit des Drüsenläppchens selbst.

Das Kaninchenpankreas zeigt wie im Leben auch nach dem Tode 2 Formen der Läppchen, die einen mit glatter, die andern mit gekerbter Oberfläche. Zwischen beiden giebt es Uebergänge, obschon die Extreme unmittelbar nebeneinander auftreten können.

Je glatter der Alveolus begrenzt ist, um so unvollkommener ist seine Zusammensetzung aus Zellen zu erkennen; nicht nur die Kerne sind verhüllt, sondern auch die Zellgrenzen von der M. propria bis zum Lumen verwischt, während die Läppchen mit gekerbter Oberfläche, welcher die M. propria, obschon nicht vollkommen folgt, nicht nur wegen dieses Umstandes die Zellen gradezu abzuzählen gestatten, sondern auch wegen der deutlichen Grenzen, die zwischen denselben bis zum Axencanal sichtbar sind. Sucht man vor der Injection die eine oder die andere Form aus, so kann man voraussagen, wie weit die Masse zunächst vordringen wird, denn es sind die Alveolen mit gekerbter Oberfläche, in welchen plötzlich die Zellgrenzen von farbigen Streifen nachgezogen werden. Will man die beiden Zustände der Läppchen mit Dingen bekannter Gestalt vergleichen, so würde die Verschiedenheit hervortreten etwa wie zwischen der Maulbeere und der länglichen Cornelkirsche. Die Differenz ist im Leben vorhanden und wir hoffen noch zeigen zu können unter welchen Umständen.

Bemerkungen über die Blutgefäße des Pankreas.

Ohne die Gefäßverbreitung im Pankreas eingehend darstellen zu wollen, müssen wir auf einige an der Drüse des Kaninchens besonders hervortretende Eigenthümlichkeiten aufmerksam machen. Manches ist ohne Kunstmittel an den bluterfüllten Gefäßen des Lebenden zu erkennen, vor Allem das eigenthümliche Zurückbleiben der Blutgefäße gegen die Vorsprünge der Drüse, oder das Herausragen der Drüsenläppchen aus dem Bereiche der Gefäßverästelung, das an zahlreichen Stellen viele tausende absondernder Zellen allem näheren Verkehre mit dem Blut entzieht. Ausgesprochene, aber keineswegs seltene Fälle dieser Art sind auf Taf. 4 zusammengestellt, wo nur die Grenzgefäße mit blauer Farbe angedeutet sind. Obschon nicht so ausgeprägt, ist das Verhalten doch ähnlich überall, soweit der Rand der Drüse darauf zu unter-

suchen ist und ein Zusammenfallen des Randes oder der Oberfläche der Läppchen mit den Grenzen des Gefäßnetzes kann nur als Ausnahme bezeichnet werden. Der Fundus der Drüse pflegt nicht etwa in Ausdehnung einer Lage von Secretionszellen den gefäßlosen Rand darzustellen, sondern ganze Convolute von Läppchen und oft getheilte hammerförmige Endstücke sind es, welche die Krone des Gefäßbaumes überragen. Das Bild Fig. 7 auf Taf. 1—2 in *Bernard*'s Mémoire, das eine natürliche Injection des (todten) Kaninchenpankreas mit der Begrenzung durch Blutgefäße darstellt, ist deshalb nicht als auf den Rand der Drüse eingestellt anzusehen: es ist ein Oberflächenbild, dessen Randtheile bedeutend tiefer lagen. Aus der bekannteren Abbildung der Gefäßverästelung des Kaninchenpankreas in *Kölliker*'s Gewebelehre (5. Aufl. Fig. 316. S. 447) würde man eine richtige Vorstellung gewinnen, indem man den oberen Theil mit einem gekerbten Rahmen umzöge, innerhalb dessen mindestens 2—6 Secretionszellen Platz fänden. Freilich schließt dieses ganze Verhalten nicht aus, daß nicht an einzelnen Stellen, namentlich in den tieferen Kerben des Drüsenrandes einzelne Gefäßschlingen ziemlich weit ins Mesenterium vorspringen, wie es unsere Taf. 4 rechts in 3 Fällen darstellt; man glaube aber nicht, daß etwa Mesenterialgefäße ihrerseits zu den Pankreasrändern vorgingen, denn das Mesenterium ist, wo es kein Fett enthält, in der Nähe der Drüse sehr wenig vascularisirt. Am deutlichsten wurde das, man möchte sagen, geflissentliche Ignoriren der Drüse seitens der Blutgefäße in einem Falle, der leider zu zeichnen versäumt wurde, gesehen, wo sich fast rechtwinklig (T förmig) auf eine zwischen 2 größeren Drüsenlappen durch einen größeren Gang und Gefäßstämme hergestellten Brücke ein kleiner birnförmiger Alveolus aufgepflanzt fand, der nur an seinem kurzen Stile ein weitmaschiges Capillarnetz empfing, so daß der eigentliche Drüsenkörper gänzlich gefäßlos und ausschließlich auf die lymphatische Ernährung angewiesen blieb.

Sähe man die gefäßlosen Pankreasläppchen am Lebenden nicht bei jeder Gelegenheit, so könnte vermuthet werden, daß die betreffenden Gefäßgebiete durch locale Störungen blutleer und unsichtbar geworden wären. Der Anblick ist aber derselbe in allen Injectionspräparaten und wir zweifeln deshalb gar nicht an der Bestätigung unseres Befundes, wo irgend sich solche Präparate finden, falls die Drüsensubstanz daran kenntlich ist.

Die Gefäßverästelung des Pankreas weist eine zweite Eigenthümlichkeit in Gestalt einer Art Glomeruli auf, welche unseres Wissens noch nicht beschrieben sind. Auch diese Bildungen sind in der natürlichen Füllung durch das circulirende Blut zu erkennen, besser jedoch an Injectionspräparaten, weil sie selten an den Rändern der Drüse, mehr im Innern vorkommen, wo das lebende Object zu undurchsichtig wird, und weil sie überdies an Stellen auftreten, wo sich statt der durchsichtigeren Drüsenzellen Haufen kleiner, trüberer Zellen befinden. Auf Taf. 3 hat der Zeichner versucht das Aussehen eines gut injicirten mit dem Mesenterium in Alkohol gelegten und in Canadabalsam aufgehellten Pankreas bei mäßiger Vergrößerung wiederzugeben. Um die fraglichen Gebilde recht sinnfällig werden zu lassen, ist für den Anfang die Untersuchung mit schwachen Vergrößerungen zu empfehlen: man sieht dann zahlreiche Stellen des Gefäßbaumes ausgezeichnet durch merkwürdig weite kurze Capillaren, die z. Th. kaum distincte Figuren, höchstens ein kurzes S oder ähnliche Formen darstellen, außerdem Convolute in großer Zahl, welche den Namen Glomeruli vollkommen verdienen. Obgleich wir auf diese Bildungen zuerst am Lebenden stießen und dieselben auch an den sorgfältigst behandelten, soeben aus der Bauchhöhle geschlüpften Objecten zu sehen waren, konnten wir uns nach der ersten Injection mit gefärbter Masse des Mißtrauens nicht erwehren, Kunstproducte durch übermäßige Ausdehnung der Gefäße erzeugt zu haben. Fast mit bloßem Auge und leicht mit der

Lupe entdeckten wir die fraglichen Stellen an der frisch injicirten, noch nicht einmal durchsichtig gemachten Drüse als etwas so auffallendes, daß wir, wie gewöhnlich beim Erfassen einer auffälligen, zuvor nie erwähnten Erscheinung, an Täuschung denken mußten. Indeß traten die dunkler injicirten Stellen sogleich an einer bei nur 30 mm Hg Druck von der Aorta aus vorgenommenen Injection auf und dieselben kamen überhaupt um so deutlicher zum Vorschein, je weniger die Injection vorgeschritten war, da sich im Allgemeinen nächst den Arterien erst dieser Theil des peripheren Gefäßapparats füllte[1]). Dazu ergab die Untersuchung andrer Pankreas, vom Hunde und von der Katze, an Schnittproben ganz ähnliche Gebilde und übereinstimmend mit dem Verhalten beim Kaninchen das ausschließliche Vorkommen der weiten Capillarschlingen und größerer, von solchen gebildeter Glomeruli nur im Bereiche von Haufen trüber kleinerer Zellen, die in jedem Pankreas (auch beim Affen und Menschen) vorhanden sind. In den compakteren Drüsen ist dies natürlich erst an Schnitten zu erkennen (vergl. Taf. 5. Fig. 4 u. 5) deren es zur genaueren Erkennung der Umgebung der Glomeruli übrigens auch am Kaninchen bedarf (Taf. 5. Fig. 1 u. 2). Herr *Lea* hat mit dem Mikrotom von den betreffenden Stellen Schnittserien hergestellt, welche die Figur der Glomeruli innerhalb jener Zellenhaufen ziemlich zu construiren gestatten und jedenfalls mit Sicherheit zeigen, daß nichts von den weiteren Capillaren außerhalb der Zellhaufen, im eigentlichen Pankreas oder in dessen lockeren Bindegewebe liegt.

Die Glomeruli bestehen aus sehr weiten, stark gewundenen Röhren capillaren Baues und gehen, wie es scheint, nur theilweise aus einzelnen Endarterien hervor, z. Th. aus kurzen capillaren

[1]) Wir haben die Injection der Gefäße des Pankreas von der Aorta aus, nach Unterbindung derselben oberhalb der Nierenarterien, in der Regel mit 30—40 mm Hg Druck begonnen und zur Füllung aller Capillaren und der Venen bei 60—80 mm Hg Druck beendet.

Aesten dieser, von welchen letzteren sich oft mehrere zusammen in den Bezirk der weiteren Capillaren begeben. Ebenso diffus ist gewöhnlich der Austritt des Blutes zur venösen Seite, indem sowohl mehrfache Communicationen mit dem eigentlichen Capillarnetze des Pankreas, wie kürzere, weitere mit den nächsten Venen bestehen. In Fig. 3. Taf. 5 haben wir versucht, diese Verhältnisse abzubilden: *a a* sind die Glomeruli, *b b* die feineren Capillarnetze des Drüsenkörpers. Schräg durch die Figur zieht eine größere Vene, welche eine schmälere Arterie verdeckte, aus welcher der obere und der mittlere Glomerulus gespeist werden. Der unterste Glomerulus erhält den Zufluß von dem Arterienaste rechts und giebt das Blut ebenso wie die beiden andern rechts von der Vene liegenden Glomeruli z. Th. direkt an diese ab.

Die Glomeruli gehören nicht eigentlich dem Pankreas, sondern der schon erwähnten Einlagerung von Zellenhaufen an, die in jedem Säugerpankreas reichlich vorkommen. Wir haben dieselben anfänglich auf die nach *E. H. Weber* von *Kölliker* (Mikroskop. Anat. Bd. 2. S. 251) erwähnten Zellcomplexe bezogen; da diese aber in der Wand größerer Gänge liegen und als Drüsen mit Communication nach deren Lumen von *Latschenberger* beschrieben worden sind, so haben die hier zu beschreibenden „intertubulären Zellenhaufen" nichts damit zu thun. Dieselben finden sich durch das ganze Pankreas zerstreut und wenn sie auch nicht gerade an den peripherischsten Theilen auftreten, so kommen sie doch innerhalb so kleiner Läppchen vor, wo es keine gröberen Gänge mehr giebt. Beim Kaninchen haben sie sehr verschiedene Größe, von den kleinsten nur eine erweiterte Capillarschlinge fassenden Ansammlungen etwas gestreckter unregelmäßiger Form beginnend bis zu den zahlreichen größeren von 1—2 mm Durchmesser, kugliger oder ellipsoïder Gestalt. Makroskopisch sind sie im Lebenden als trübere Stellen, dem bloßen Auge etwa wie Sagokörner erkennbar und eine Probe daraus mit der Lan-

cette entnommen ergiebt sich zusammengesetzt aus zahlreichen großkernigen Zellen mit relativ schmaler kugliger Protoplasmaschale. An frischen entbluteten Objecten ist ein gesprenkeltes Aussehen des Kaninchenpankreas wol schon oft bemerkt worden, aber wir müssen ausdrücklich darauf aufmerksam machen, daß es hier vor der mikroskopischen Betrachtung leicht zu verwechselnde Dinge giebt. Die Sprenkelung, um bei dem Namen zu bleiben, kann sehr ausgeprägt sein, indem die trüberen weißlicheren Stellen zugleich recht deutlich abgegrenzt sind, aber diese Erscheinung ist keine constante und beruht darauf, daß Gruppen der gewöhnlichen Secretionszellen ungewöhnlich reich an *Bernard*'schen Körnchen sind. Das ist es, was Herr *Heidenhain*[1]) im Sinne hatte und auf unsere „Zellenhaufen" bezog und es wird bei sehr vielen Drüsen so gefunden werden, wenn man die weißlichen Körner durchsucht. Zuweilen haben wir dabei übrigens noch ein Drittes gefunden, nämlich die Körner ganz zusammengesetzt aus sehr scharf berandeten, ungemein großkernigen, z. Th. polyedrischen, wenig succulenten glänzenden Zellen, wie wir vermuthen, einer pathologischen Bildung. Vollkommen sicher sind die von uns gemeinten Zellhaufen herauszufinden an frisch von den Gefäßen aus injicirten Drüsen, wo jede an der Stelle eines Glomerulus herausgenommene Probe nur diese liefert. An Schnitten in Alkohol gehärteter Pankreas sind die Stellen sehr scharf gegen die eigentliche Drüse begrenzt und aus dicht gedrängten Zellen, die erheblich kleiner als die Drüsenzellen und meist polyedrisch gegeneinander abgedrückt sind, zusammengesetzt. Dazwischen treten hier und da spindelförmige mit Carmin zu färbende Figuren auf, wie nicht zu bezweifeln, Kernen an den Bälkchen eines zarten Bindegewebes angehörend, das innerhalb der Zellenhaufen Gerüste und Abtheilungen bildet. Wir haben uns viel bemüht einen et-

[1]) Handbuch der Physiol. Herausgeg. v. *Hermann*. V. S. 177.

waigen Zusammenhang der Zellenhaufen mit den Hohlräumen des Pankreas und seiner Ausführungsgänge durch Injectionen aller Art nachzuweisen, glauben aber um so weniger an die Zugehörigkeit der Haufen zum eigentlichen Drüsenapparate, da dieselben, obwol häufig genug durch die früher geschilderten Extravasate verdeckt, auch in unmittelbarer Nähe gut injicirter Drüsenläppchen frei von den eingeführten Farben gefunden wurden. Durch weitere Untersuchung wird festzustellen sein, ob die Zellhaufen kleinsten Lymphdrüsen, was das wahrscheinlichste ist, entsprechen.

Die Abbildungen auf Taf. 5 sind nach Alkoholpräparaten, die mit Hämatoxylin gefärbt worden, copirt, (Fig. 1 und 2 vom Kaninchen, Fig. 4 und 5 vom Hunde). An den in Balsam aufgehellten Präparaten erweisen sich die Zellkerne häufig nicht kuglig, sondern von ovaler Form und die umgebenden Zellenleiber immer bedeutend schwächer gefärbt, als die der Pankreaszellen. Die größten intertubulären Zellhaufen wurden beim Affen (Macacus cynomolgus) gefunden (vergl. Taf. 6. Fig. 2). Das abgebildete Präparat, mit Picrocarmin gefärbt, zeigt nur die Pankreaszellen gelblich, deren Kerne gelbroth tingirt, während die Zellen des fraglichen Haufens ungefärbt blieben, nachdem ihre Kerne reine Carminfarbe angenommen hatten. Leider besaßen wir kein Affenpankreas mit injicirten Gefäßen. Frische menschliche Pankreas zu härten und zu untersuchen, fehlte bis jetzt die Gelegenheit; wir erkannten jedoch einmal einen circumscripten kleineren Zellhaufen zweifellos in einem guten mikroskopischen Präparate des menschlichen Pankreas, das in Wien käuflich erstanden war.

Vorgänge im lebenden Pankreas.

a. An den Blutgefäßen.

An dem freigelegten Pankreas fesselt das schöne Schauspiel des Blutlaufes die Aufmerksamkeit so sehr, daß man sich anderer Zwecke ernstlich erinnern muß, um nicht immer wieder zu

den Erscheinungen an den Blutgefäßen abgelenkt zu werden. Es tritt hier etwas besonderes hinzu: der Blutlauf ist rascherem Wechsel als an den bekannteren Objecten und Beobachtungsstellen unterworfen und man kann dieses Wechseln nicht sehen, ohne nicht sogleich an die von *Cl. Bernard* entdeckten Gefäßphänomene der Speicheldrüse und deren Beziehungen zu Nervenreizen, sowie zur Absonderung und Ruhe der Drüsen denken zu müssen. Hatte doch auch *Bernard* lange vor seinen Entdeckungen an der Gl. submaxillaris die außerordentlichen Verschiedenheiten der Blutfülle am Pankreas schon gefunden und als charakteristische, die Absonderung begleitende Zustände zu verwerthen gewußt. Kein Wunder also, daß man an dem zu ihrer Erkennung so überaus geeigneten Kaninchenpankreas zuerst förmlich auf diese Erscheinungen fällt, wo sie direkt und in größerer Ausdehnung sichtbar werden. Bekannt ist das makroskopische Aussehen dieses Objectes schon lange durch die vortreffliche in Farben ausgeführte Taf. 7—8 in *Bernard*'s Mémoire, ebenso der Unterschied der Färbung des ruhenden und des absondernden Hundepankreas durch Taf. 5—6; nur das mikroskopisch, im durchfallenden Lichte wahrgenommene Bild, das wir zu beschreiben haben, ist daher neu.

Ueber die Röthe im Allgemeinen als Ausdruck erweiterter Gefäße, besonders der capillaren, giebt das unbewaffnete Auge Aufschluß und entscheidet bereits über das wichtige Vorkommen localer Veränderungen dieser Art. Im Nothfalle mit der Lupe sind im bunten Wechsel locale Hyperämieen und Anämieen zu erkennen, wenn die betroffenen Aveolen groß genug sind. Das mikroskopische Bild wiederholt dies zunächst in weiterem Ausbau und in der überraschenden Weise, daß unmittelbar nebeneinander hyperämische und anämische Läppchen liegen, oft von einer gemeinsamen Arterie gespeist, deren nächste Gabelung also schon mit Hülfe der Muskulatur und deren Innervation die Ursache der

Differenzen in sich trägt. Es sind 2 Extreme, welche zur Anschauung kommen: 1. der langsamste Strom mit engen Arterien, Capillaren und Venen; 2. der beschleunigte mit Erweiterung aller Theile. Im ersteren giebt es zugleich große Unterschiede der Blutfarbe, am Hilus der Läppchen, falls Vene und Arterie frei genug liegen, so große, daß die Vene sogleich an der dunkleren Farbe und der venöse Strom an der geringeren Geschwindigkeit zu entdecken ist, erkennbar an dem Vorüberhuschen plasmareicherer oder weiße Blutkörperchen enthaltender Stromlücken, von denen man in den Arterien nichts deutliches sieht. Während dieses Zustandes treiben die Blutkörperchen in den verbindenden Capillaren, sehr häufig auf der hohen Kante stehend, in Gestalt kürzerer oder längerer Münzpakete vorbei, unterbrochen durch vereinzelte umhertummelnde Blutkörperchen in plasmareicheren Partieen, oder durch längere Reihen in allen Lagen vorüberlaufender rother Körper, endlich durch weiße Körperchen. Nur die letzteren veranlassen gelegentliche Stockungen, selten von längerer Dauer, theils durch Ankleben an den Wänden und langsameres Rollen, theils weil sie zu groß sind, um schneller passiren zu können. Die Capillaren sind also bei langsamstem Blutlaufe und derjenigen Gefäß-(Arterien) Enge, welche unter normalen Verhältnissen gewiß selten überschritten wird, weit genug, um je einem Blutkörperchen bequem Platz zu bieten. Es kann nicht oft genug wiederholt werden, daß so Viele ein falsches Bild der capillaren Blutkörperströmung mit sich tragen, indem sie die bekannteren Erscheinungen des Blutlaufes bei den Amphibien zum Muster nehmen und auf die Säuger und den Menschen übertragen. Zwischen diesen Thierclassen besteht in dieser Hinsicht ein fundamentaler Unterschied: es giebt im Allgemeinen beim Säuger keine Wandreibung und keine Formänderung der rothen Blutperkörchen, wie beim Frosche und die Obturation der Capillaren mit oder ohne Fortdauer der Plasmaströmung ist beim Säuger

selten oder von sehr kurzer Dauer. Wohl wäre es an der Zeit, diesen Umstand einmal besonders in's Auge zu fassen, der in Hinsicht auf den Stoffverkehr zwischen den geformten Bestandtheilen des Blutes und den Geweben des Interessanten genug bietet.

Der Farbenunterschied des Blutes erstreckt sich bis in die Capillaren; wenigstens waren wir, wo die geringste Geschwindigkeit bestand, nicht im Zweifel, daß die den Venen nächsten Capillaren weniger rothe, dunklere, mehr venöse Färbung hatten, als benachbarte dem arteriellen Ursprunge nähere. Selbst für die Beurtheilung der Blutfarbe in den größeren Gefäßen, ist das Deckglas durchaus nöthig und dasselbe darf nicht zu locker aufliegen, während die Berieselung zugleich möglichst einzuschränken ist, denn ein so dünnes Object mit großer Oberfläche, wie unsere Drüse, wird begreiflich sowol aus der Luft, wie aus den in der Salzlösung enthaltenen oder im Strömen aufgenommenen Gasen reichlich O aufnehmen, so daß das Capillarblut kaum venös in die Venen gelangen kann.

Im andern Extrem der Blutfüllung des Pankreas ist die Strömung in den Capillaren überall so beschleunigt, daß die zur Erkennung der Säugerblutkörperchen erforderlichen Vergrößerungen dieselben nicht mehr einzeln erkennen lassen. Man sieht wol, auch ohne daß größere Lücken kommen, daß Das, was fließt nicht homogen ist, vermag aber nicht mehr, namentlich nichts über die Stellung der Blutkörperchen auszusagen. Farblose Randströmungen vermochten wir nicht mit Sicherheit zu constatiren, öfter jedoch langsameres Rollen einzelner weißer Blutkörperchen. Die Breite der rothen Säulen steigerte sich jedenfalls genügend um zahlreichen Blutkörperchen in einem Querschnitte Platz zu bieten, und wenn man den Strom durch Drücken auf das Deckglas verzögerte oder hemmte, sah man 3—4 Körperchen in den verschiedensten Lagen den Raum zwischen den beiden Röhren-

contouren anfüllen. Dasselbe war in andern Fällen ohne künstlich herbeigeführte Stockung zu sehen, wenn bei großer Capillarweite die Strömung erheblich langsamer wurde, wie es garnicht selten geschah, offenbar indem die Vergrößerung des Gesammtquerschnittes der Strombahn nicht durch das vergrößerte Blutvolum der erweiterten Arterie compensirt wurde. Bei allen Beschleunigungen ist die Blutfarbe überall gleich, die der Vene wol so hellroth, wie die der fließenden Säule in der benachbarten Arterie. Zugleich ist die den Pulsen entsprechende periodische Beschleunigung des Stromes neben sichtlichen klopfenden Erweiterungen und Streckungen gekrümmter Capillaren in allen Theilen fast störend bemerkbar.

Unmittelbar nach Herrichtung des Objectes pflegt die Blutströmung langsam zu sein, ja an vielen Stellen zu stocken, darauf Erweiterung mit starker Stromzunahme einzutreten, welcher dann Verlangsamung folgt, die nun in verschiedener Weise durch Beschleunigung unterbrochen wird. Wir können dafür keine Regel aufstellen und müssen uns auf die nachfolgenden Versuchsprotokolle berufen. Im Allgemeinen ist zu sagen, daß recht häufig die Erweiterung dauernd wird und alle jene bekannten Erscheinungen der Extravasation flüssiger und geformter Blutbestandtheile nach sich zieht. An der Oberfläche unseres Präparats haben wir die letzteren selten ganz vermißt, sie aber nach glattem Operiren und vorsichtigster Bewachung des Objectes, an dem Theile des Gefäßapparats, auf den es ankam, nur sehr ausnahmsweise erfolgen sehen, nämlich nicht an den mesenteriellen, sondern an den Drüsengefäßen. Es ist dies ein wichtiger, glücklicher Weise aber bald zu beurtheilender Punkt, weil jede Extravasation innerhalb der Drüse oder zwischen ihren Läppchen die Blätter des Mesenteriums, namentlich bei jüngeren Thieren, deren wir uns vorzugsweise bedienten, von einander drängt, so daß die Drüse in dem Transsudate zu flottiren beginnt. In diesem Zustande wird

das Object für weitere Beobachtungen überhaupt unbrauchbar, weil erst starker und schädlicher Druck die nun heftig mit dem Blute pulsirenden Läppchen zur Ruhe zu bringen vermag. Pulsirende Massenbewegungen der Drüse mit dem Mesenterium waren ohnedies die unangenehmste Zugabe, die wir in der Regel zu bekämpfen hatten, und gegen welche es kein anderes Mittel gab, als gehöriges Ausspannen des zu beobachtenden Theiles über die Unterlage und Belegung mit dem Deckglase. Beides darf natürlich nur so weit als gerade erforderlich getrieben werden: versieht man es darin, so leiden Circulation und Secretion. Da nicht allen Nachtheilen vollkommen vorzubeugen ist, so empfiehlt es sich, wo der Zweck es erlaubt, im Laufe eines Versuches neue Stellen des Pankreas aufzusuchen, oder in den Pausen das Deckglas fortzunehmen und das Object zu entspannen.

b. Vorgänge an der Drüse.

An der Drüsenmasse des lebenden Pankreas bemerkt man nach etwas längerer Betrachtung fast ausnahmslos, daß die Contouren der Läppchen keine bleibenden sind, sondern wechselnde, an derselben Stelle bald gekerbt, bald glatt. Die Unterschiede sind schon erörtert; hier bleibt nur hinzuzufügen, daß auch die geschilderten Extreme mit allen Einzelheiten im Leben vor dem Beobachter sich entwickeln und daß jeder der Zustände an jedem Läppchen auftreten und wieder verschwinden oder einer dem andern folgen kann. Der Wechsel verläuft gewöhnlich langsam, so langsam, daß er wesentlich durch Anfang und Ende zu erfassen ist, wie z. B. das Vorschreiten eines Uhrzeigers; doch haben wir die Bewegung zuweilen an ganzen Reihen der Zellen direkter aufzufassen vermocht, am häufigsten die Entstehung der Kerben, seltener die Rückkehr zum glatten Zustande, die erheblich langsamer verläuft. Auf Taf. 6 haben wir versucht den Unterschied darzustellen; Fig. 1 ist die Abbildung eines Pankreas-

läppchens, die wir unter vielen Skizzen auswählten, weil sie nahezu Alles zeigt, was uns an der Drüse zu sehen vergönnt war. Man sieht die charakteristische Gestalt des Capillarnetzes, dessen Blutfüllung durch rothen Druck angedeutet ist, dann das Vorspringen größerer Drüsenmassen aus dem Bereiche dieses Netzes, endlich nebeneinander gekerbte und glatte Läppchen, die Extreme besonders unten links und rechts. Im gekerbten Theile zeigt die Figur zugleich die oben geschilderten Spalträume zwischen den Zellflächen oder deren mehr minder scharfe Abgrenzung gegeneinander, ferner das nicht vollkommene Eindringen der M. propria in die Tiefe der Kerben und die deutlichere Streifung der peripherischen Zellzonen. Der sichtbare Wechsel dieser Zustände am bluternährten Pankreas verbürgt deren physiologische Natur und macht ihren Zusammenhang mit der Absonderungsthätigkeit und Ruhe der Drüse von vornherein wahrscheinlich.

Seit *Heidenhain*'s schönen Arbeiten über die Speicheldrüsen, das Pankreas und über eine lange Reihe anderer Drüsen und secernirender Schleimhäute ist kein Mangel an sicher festgestellten Veränderungen von Drüsenzellen durch die ihnen eigenthümliche Thätigkeit, aber viele derselben sind der Art, daß an ihre Constatirung durch Beobachtungen am Lebenden nicht zu denken ist. Was an mit der Secretion verbundenen Veränderungen direkt zu verfolgen war, wurde an Wirbellosen oder am Frosche beobachtet, neuerdings z. B. von *Stricker* und *Spina* und kommt im wesentlichen auf eine Gestaltveränderung der absondernden Zellen hinaus, also auf Aehnliches, wie die im Pankreas zu erkennenden Vorgänge. Einige der von *Heidenhain* gefundenen Umwandlungen im Innern von Drüsenzellen, so das Vorrücken und Schwellen der Kerne, die Bildung trüber Massen an Stelle durchsichtiger würden jedoch wol direkt sichtbar sein, wenn man in die betreffenden Drüsen hineinsehen könnte, wie in das Pankreas. An diesem giebt es nun in der That eine in diese Kategorie fallende Erscheinung und sie betrifft

die *Bernard*'schen Körnchen, welche *Bernard* schon mit dem thätigen oder secretionsfähigen Zustande in Zusammenhang brachte, und deren quantitative Schwankungen *Heidenhain* in dieser Hinsicht als bedeutungsvoll erkannte.

Die *Bernard*'schen Körnchen befinden sich ganz vorwiegend im vorderen, inneren Antheile der Drüsenzellen, sind um so reichlicher und reichen um so weiter nach außen zur Kernzone, je länger die Läppchen im glatten Zustande verharren, während länger gekerbt bleibende Läppchen daran häufig sichtlich verarmen. Zweierlei vermochten wir in dieser Hinsicht durch länger dauernde Beobachtungen zu erkennen: 1. die Körnchen beginnen dem centralen Lumen zunächst heller, durchscheinender, weniger lichtbrechend zu werden, so daß zwischen den dunkleren Körnchen Stellen entstehen, welche kleinen Vacuolen gleichen; 2. sieht man von Zeit zu Zeit Körnchen von hinten her nachrücken. Wir haben letzteres freilich nur selten, aber mit aller Sicherheit constatiren können, denn einzelne nahe vor dem Kerne gelegene Körnchen gehen deutlich ruckweise vorwärts und helfen die Dichte des vorderen Haufens wiederherstellen. Gewöhnlich muß dieser Vorgang langsam, schleichend erfolgen, insofern man eben das Rücken nicht sieht, aber der Haufen sich nach rückwärts lichtet, während vorn die Vacuolen verschwinden und der Körnchenhaufen hier nicht verarmt. Sicher meinen wir das schleichende Vorwandern erkannt zu haben an größeren Körnchen, welche im peripheren Theile der Zelle zwischen dem Kerne und der M. propria ganz vereinzelt auftreten. Diese sieht man während etwa halbstündiger Beobachtung ihren Platz langsam ändern und neben dem Kerne vorbei zu den vorderen gelangen, wobei sie auch selber eine Veränderung erleiden, indem sie etwas kleiner werden. Junge Kaninchen, bei denen überhaupt nur in der Mehrzahl der Drüsenzellen hinter dem Kerne Körnchen vorkommen, eignen sich für diese Beobachtung am besten.

Bezüglich der Kerne der Secretionszellen ist es schwer bestimmte Angaben zu machen: wir haben die Ueberzeugung gewonnen, daß das Volum derselben wechselt und daß sie um so weiter zur M. propria rücken, je größer sie sind, sich also umgekehrt verhalten, wie die der meisten Drüsen nach *Heidenhain* u. A. An der frischen Drüse ist die große Mehrzahl nicht sichtbar oder kaum angedeutet und die erkennbareren sind die kleineren, welche die Zellzone, worin sie liegen, höchstens zu $^3/_4$ ausfüllen. Wir empfingen den Eindruck, als ob diese deutlicheren Kerne vorzugsweise in den gekerbten Läppchen zu sehen seien. In andern Fällen waren mehr Kerne zu sehen, dann aber in jeder Art der Läppchen und die meisten sehr groß, peripherer gelegen und doch die Zelle mit ihrem größten Durchmesser nahezu obturirend.

Hinter dem Kerne zur Peripherie hin, zeigen auch die lebenden Zellen die schon von *Pflüger* bemerkte Streifung, nach *Heidenhain* vielleicht den Ausdruck eines feinen Canalsystems. Die Streifung ist an den gekerbten Läppchen immer am besten ausgeprägt und reicht bis zu der convexen peripheren Kuppe, zu welcher sich die in den glatten Läppchen fast ebene Basis der Zellen umformt.

Die geschilderten Wechselzustände mit der Absonderung und Ruhe der secernirenden Zellen in Zusammenhang zu bringen, lag nahe. Wir haben auf vielfache Weise zu entscheiden versucht, welcher Zustand dem der Thätigkeit entspreche und können nicht leugnen von vornherein eine bestimmte, schwer abzuweisende Meinung darüber gewonnen zu haben. Je besser genährt das Thier zur Verwendung kam, je schonender die Operation und Herrichtung des Objects ausgeführt waren, desto eher war nahezu überall auf den beschleunigten Blutlauf und auf das Austropfen von Secret aus der Canüle zu rechnen, während sich gleichzeitig der größte Theil der zur Untersuchung geeigneten Drüsenränder- und Flächen im gekerbten Zustande befand. Dazu

kam, dass sich durch die bekannten, Secretionen befördernden und hemmenden Gifte vorwiegend der eine oder der andere Zustand erzeugen ließ, durch Jaborandiextrakt der gekerbte, durch Atropin der glatte.

Hätte man es beim Pankreas in der Hand, wie bei den Speicheldrüsen durch Reizung zutretender Nerven die Secretion anzuregen, so wäre unsere Frage bald entschieden. Wir haben an Stelle der unausführbaren Nervenreizung die direkte des Gewebes, oder durch Betasten mit den Electroden in der Drüse verlaufende Nerven zu treffen versucht. Der Erfolg war indeß höchst unsicher und der einzige, auf den einigermaßen zu rechnen war, ein unwillkommener, nämlich außerordentliche Verlangsamung, selbst Stillstand der Circulation. In einzelnen Fällen schien Reizung mit sehr schwachen, nicht tetanisirenden Inductionsschlägen unter geringster Spannweite der Electroden applicirt, glatte Läppchen ziemlich schnell in gekerbte zu verwandeln. Jedenfalls geschieht das Umgekehrte nicht, und zwar bei keiner Art der Reizung, wenigstens nicht in kürzerer Frist.

Ein Mittel die Secretion zu bethätigen und den gekerbten Zustand in grösserer Ausdehnung hervorzurufen, bestand im Injiciren anscheinend indifferenter Flüssigkeiten durch den Ausführungsgang unter mäßigem, 20—30 mm Hg betragenden Druck. Wir haben dazu $^1/_2$ % NaCl-Lösung, defibrinirten fettreichen Chylus vom Hunde, Milch, geschlagenes Kaninchen- oder Hühnerblut verwendet und in der Regel die Injection bald verdrängt werden sehen durch reichlich abtropfenden Saft normaler tryptischer Beschaffenheit und den gekerbten Zustand entwickelt, selbst bei hungernden Thieren, wie im gleichen Falle durch Jaborandi. Diese Mittel führten zu einer direkten Controle der Secretion und zwar am Secretionsorte selbst. Chylus oder Vogelblut sind so leicht in den Ausführungsgängen zu erkennen und schreiten so willig unter dem Auge bis in die centralen Lumina

der Alveolen vor, ja noch über deren Grenze hinaus, dass man auch ihren Rückgang erkennen mußte, im Falle frisch abgesonderter Saft sich Platz zu machen suchen würde. In der That ist diese Umkehr mit aller Genauigkeit zu verfolgen. Man sucht ein Läppchen mit glatter Oberfläche aus, wenn möglich in einem größeren Haufen gleich beschaffener Läppchen, worin man die Centralkanäle berandet durch die dunklen Körnchen gut erkennt, und beginnt darauf die Injection mit Hülfe des kleinen Reservoirmanometers, nachdem dasselbe genügend angewärmt worden ist. Langt die Masse im Sehfelde an, so liest man den Injectionsdruck ab, der in der Regel 2—3 cm Hg betragen mußte. Hierauf wird das Manometer abgenommen, um einen Antheil der Injection zurücklaufen zu lassen, der sich aus der Canüle sogleich entleert, wobei in der Regel keine Bewegungen an dem Theile entstehen, der schon bis in die Alveolen vorgedrungen ist, während die größeren Gänge starke rückgängige Strömung zeigen, die sich jedoch auch zunächst beruhigt. Nach wenigen Minuten pflegt darauf die Strömung in den Axencanälen der Läppchen, entweder continuirlich mit allmählicher Beschleunigung oder leise rückend, intermittirend in längeren Pausen zu erfolgen und voraus signalisirt durch das Auftreten von Kerben am Rande der Läppchen. Wir können demnach nicht zweifeln, daß die Entstehung des gekerbten Zustandes dem secernirenden der Drüsenzellen entspricht. Läßt die Veränderung auf sich warten, so erfolgt sie sicher auf Einspritzung von Jaborandiextract in eine Schenkelvene.

Die Injectionen am Lebenden erfordern um so höheren Druck, je verbreiteter der gekerbte Zustand in der Drüse ist, und da die Injection diesen selber zu erzeugen vermag, so darf man sich nicht wundern, wenn auf eine erste Injection, die während vorgängiger Drüsenruhe vollkommen ausreichend bei kaum meßbaren Drucke von Statten ging, ein zweiter Versuch nach 15—20 Min., während welcher sich aus der Canüle viel wieder entleerte, bis

30 mm Hg. Druck erfordert. Wo beide Zustände der Drüsenläppchen in ziemlich gleicher Vertheilung vorhanden sind, dringt jedoch die Injectionsmasse nicht etwa zunächst nur in die Centralcanäle der glatten Läppchen ein, sondern auch in einen großen Theil der gekerbten, woraus zu schließen ist, daß diese einmal entstandene Form die Secretion beträchtlich überdauert. So mag es denn auch kommen, daß immer eine Anzahl gekerbter Alveolen zu finden ist, deren künstliche Füllung während langer Zeit keine rückläufige Bewegung antritt. Daß letzteres in glatt bleibenden Alveolen überhaupt nicht geschieht, ist zum wichtigsten Belege ihrer Unthätigkeit besonders anzuführen.

Im Zusammenhange mit der physiologischen Bedeutung der beiden Zellenformen des lebenden Pankreas gewinnt das Verhalten der Gefäße und des Blutlaufes im Umkreise der Alveolen besonderes Interesse. In dieser Hinsicht haben wir Eines constant gefunden, nämlich Beschleunigung des Stromes, wo die Absonderung unzweifelhaft war, d. h. wo der gekerbte Zustand sich grade entwickelte oder wo Injectionsmasse sichtbar zurückgedrängt wurde. War die Beschleunigung im Beginne der Beobachtung nicht vorhanden, so stellte sie sich entweder vor dem Auftreten der ersten Kerben ein, oder sie entwickelte sich allmählich mit der Kerbung. Oft wurde die Erweiterung der Blutbahnen mit gleichzeitiger Drüsenthätigkeit localisirt und in unmittelbarer Nachbarschaft ruhender Läppchen mit schwachem Blutstrome gefunden, so daß man ein übersichtliches Bild sämmtlicher Drüsenphänomene vor sich hatte. Dagegen war Gefäßerweiterung an ruhenden glatten Läppchen ebenfalls häufig und anhaltend, ohne daß die Gestalt der Alveolen sich änderte und sowol Gefäßenge wie Erweiterung an den gekerbt verharrenden Läppchen, aus denen auch nach erneueter Injection nichts zurückfloß, zu beobachten. Diese Thatsachen sind in Uebereinstimmung mit dem Verhalten der Gefäße an den Speicheldrüsen, wo der beschleunigte

Blutstrom bestehen kann, ohne Secretion, trotz vorhandener Secretionsfähigkeit, wie z. B. bei sehr schwacher Reizung der Chorda tympani oder nach Durchschneidung des N. sympathicus, sie lassen aber die Pankreassecretion von der Gefäßfülle abhängiger erscheinen, als die der Speicheldrüsen, welche auch bei verengten Gefäßen z. B. auf Sympathicusreiz absondern können, was am Kaninchenpankreas nicht beobachtet wurde.

Injicirt man das lebende Pankreas vom Ausführungsgange her, so geht die Masse in nicht wenigen gekerbten Läppchen sofort und unaufhaltsam über die Grenzen des Axenlumens hinaus, d. h. die Intercellularräume und die Rahmen oder Hohlkehlen unter der M. propria werden von ihr gefüllt. Wo dies nicht der Fall ist, genügt für die meisten Läppchen kurze Fortsetzung der Injection unter sehr geringer Drucksteigerung um die Masse auch dort auf die letzten Wege zu führen. Diese zunächst ungern gesehenen Maximalinjectionen wurden zu einem unerhofft günstigen Mittel um einige Details der pankreatischen Secretion zu untersuchen. Die Blutinjectionen erwiesen sich höchst geeignet, die Beschaffenheit des abgesonderten, fast noch an seinem Entstehungsorte befindlichen Pankreassaftes kennen zu lernen. Einzelne Blutkörperchen blieben gewöhnlich in den Alveolen liegen trotz constatirtem Abströmen des Saftes zum nächsten Gange, in andern Alveolen, namentlich da wo sich der eine oder der andere Zustand länger erhielt, auch größere Mengen. Diese Blutkörperchen verwandelten sich alsbald in eine lackfarbene dunkelrothe Masse, nach Hühnerblutinjection die deutlich bleibenden Kerne einschließend: eine Veränderung, die nur der tryptischen Wirkung des Saftes zuzuschreiben ist, welche diesem also sofort nach dem Austritte aus der ihn bereitenden Zelle zukommt.

Blutkörperchen sind ein so schlüpfriges, biegsames und elastisches Material, in so hohem Grade geeignet feine Poren zu durchdringen, daß es nicht wundern kann, sie im Pankreas überall

hin vordringen zu sehen, wohin künstliche Injectionsfarben gelangen. In der That gingen die elliptischen Blutkörperchen des Huhns wie jede dünnflüssige Masse zwischen die Secretionszellen und in die Räume unter der M. propria, ja sie drangen sogar vielfach zwischen diese und die Grundfläche der Zellen, wo sie sich kuppelförmige Räume schafften, in denen ihrer 4—6 eng zusammen liegen blieben. Mit Staunen haben wir gesehen, wie die elliptischen Scheibchen einzeln zwischen je 2 Pankreaszellen durchschlüpften, oft unter starker Verlängerung, und wie die Communication, die zum Centralcanal bestanden hatte, sich bis auf eine zarte Linie wieder verwischte. In andern Fällen blieben einzelne an dieser Stelle liegen, nach vorn und hinten durch die zusammenschließenden Zellflächen eingeschlossen, oder sie keilten sich nur mit einem Antheile ein, während der Rest mit dem Pankreassafte im Centrallumen in Berührung blieb. In letzterem Falle wurde das Körperchen bald undeutlich und es entstand ein birnförmiger blaßrother Hohlraum, dessen Spitze zum Drüsenlumen gerichtet war, wie es schien nun eine Auflösung des Körperchens enthaltend. Konnte man hierüber in Zweifel sein, so war andrerseits mit größter Sicherheit festzustellen, daß die einmal gänzlich zwischen den Zellflächen gefangenen und die bis zur M. propria gelangten Blutkörperchen garkeine Veränderung erlitten. Wir haben solche Objecte ganze Sommertage hindurch immer wieder beobachtet und die Blutkörperchen weder geschrumpft noch gequollen gefunden und auch dann nicht gelöst, wenn das Pankreas wieder reponirt worden war und gegen Abend nach dem Tödten des den Tag über freigegebenen Thieres untersucht wurde. Hiernach ist es also sicher kein vollkommener, albuminolytisch wirkender Pankreassaft, was sich am Orte der viel erörterten Intercellularspalten und zwischen den Drüsenzellen und der M. propria befindet, ja wahrscheinlich überhaupt kein Secret, ein vermuthlich für Drüsen aller Art zu beherzigender Umstand. Die Zellen sind

demnach nur befähigt durch ihre den Axialcanälen zugewendeten Fläche alle Bestandtheile ihres Secretes abzugeben.

Am wahrscheinlichsten ist es wol, daß die fraglichen Räume flüssiges Material durch die M. propria empfangen, also Lymphe oder Antheile derselben, und wir können nicht umhin, einen Anhalt dafür in dem von *Zeller*[1]) beobachteten Uebertreten von Indigcarmin aus dem Blute in solche Räume zu finden. Unter andern Drüsen fand *Zeller* dies auch am Pankreas des Frosches, freilich unter gleichzeitiger Irrigation der Bauchhöhle mit stärkerer, $1^1/_2$ % NaCl-Lösung, aber jedenfalls ohne sichtbare Veränderung der M. propria. Wir hatten uns bis heute über die Beschaffenheit der hindringenden Flüssigkeit nicht ausgesprochen, und auch nicht gesagt, wie *Zeller* meint, daß die Räume zum Lymphgefäßsystem gehörten, aber, daß die Flüssigkeit aus Lymphe zunächst stamme und ein Transsudat derselben sei, ist unsere Meinung, wie es im Grunde auch die *Zeller*'s ist, obwol derselbe die Beziehung zum Blute mehr betont. Nirgends ist das Zwischentreten von Lymphe zwischen Blut und Drüse auffallender, als beim Pankreas, nirgends klarer, daß Blutbestandtheile zum Gewebe nur durch das Medium der Lymphe gelangen. Wenn man also die Quellen der im Drüseninnern angelangten Lösung im Blute sucht, so heißt es, sie in nächster Instanz doch in die Lymphe verlegen, da wir eben keinen andern Körpersaft als die Lymphe kennen, wo Secrete und intracellulare Flüssigkeiten nicht in Frage kommen. Es wäre müßig, jetzt in Speculationen über etwaige Betheiligung der Pankreaszellen an der Bildung der Intercellularmasse einzutreten und zu erörtern, ob sog. Kittsubstanz ein eigenartiges Secret sei, das schwindet und wieder ersetzt wird u. dergl. Wir dürfen uns einstweilen mit dem Resultate begnügen, daß Das, was bis heute normaler Pankreassaft heißt, in der Drüse

[1]) *Virchow*'s Archiv. Bd. 73. S. 257.

nicht weiter zurückreicht als bis zu den Zellgrenzen an den Axencanälen der Alveolen.

Nicht unwichtig für die Frage nach der Transsudation durch Membranae propriae ist ein weiteres Phänomen, das wir gelegentlich der Blutinjectionen in das Pankreas fanden. Wo das Blut zu rothem Lacke verwandelt in den Alveolen liegen blieb, nahmen die Drüsenzellen, wie zu erwarten, nichts vom Blutfarbstoffe auf und da unter der M. propria nur wol erhaltene Blutkörperchen lagen, schien es natürlich, daß kein Uebertritt von Hämoglobin in die lymphatischen Räume des Mesenteriums von den Alveolen aus erfolgte. Gleichwol fanden sich aber einige Zeit nach jeder Blutinjection an vielen Stellen zwischen den Läppchen und besonders an den gröberen Drüsengängen rothe Höfe im Bindegewebe, von Hämoglobin gefärbt, obwol auch die Gangepithelien mitten in dieser Umgebung keine Blutfarbe angenommen hatten, und wenn man das injicirte Blut durch Verschluß der Canüle in der Drüse zurückhielt, so war das Pankreas mit Ausnahme der peripherischsten Läppchen nach 15—30 Min. fast überall in tiefrothe Mesenterialmassen eingeschlossen. Das Hämoglobin diffundirt also in gewissen Gegenden mit Leichtigkeit durch die Wandungen des Drüsenapparats und wir glaubten deshalb die M. propria bezüglich des Hämoglobins für höchst durchgängig halten zu müssen. Dem ist nicht so, falls man unter der Propria nur den Ueberzug der Alveolen versteht. Um darüber zu entscheiden, wurde durch Gefrieren oder durch Aether lackfarben gemachtes Kaninchenblut, dem der Aether im continuirlichen Vacuum wieder entzogen war, in derselben Weise, wie früher das nur geschlagene Blut in die lebende Drüse gebracht, wo es ebenso z. Th. in die Intercellurarräume und zwischen die Pankreaszellen und die Propria drang. Diesmal befand sich also freies Hämoglobin an der Binnenfläche der Membran, nicht wie früher innerhalb der Blutkörperchen enthaltenes. Dennoch blieb die Farbe an der Stelle liegen

und es war im Umkreise der Läppchen nicht eher Färbung zu sehen, als bis dieselbe aus den Gängen und den compakteren, centralen gangreichen Theilen der Drüse allmählich hindringen konnte. Dagegen begannen die Gänge sich sofort mit starken, bald confluirenden rothen Höfen zu umgeben. Die Hämoglobinlösung dringt also sehr leicht nicht nur zwischen den Gangepithelien zu den Bindegewebsmassen, aus welchen die Gänge z. Th. bestehen, sondern auch durch diese weiter und zuerst durch deren Grundmembran, wenn ihnen eine solche als continuirliche Fortsetzung der Propria der Läppchen zukommt, die dann sehr verschieden von der Umhüllung der Alveolen sein müßte.

Versuchsprotokolle.

1. Vor der Operation 5 Cub. Cent. Chloralhydrat von 5pCt. subcutan, nachdem die Darmschlinge am Mikroskop untergebracht ist, noch 5CC. Chloral. Die Blutbewegung ist sofort sehr beschleunigt; die meisten Alveolen sind gekerbt. Die Beobachtung mußte abgebrochen werden, wegen zu heftigen Pulsirens des Präparats.
2. Aethernarkose. Gasbeleuchtung. Großes Kaninchen. Pankreas zu dick für ausgedehntere Beobachtungen. Anfang der Beobachtung 10 Uhr. Die meisten Läppchen sind gekerbt, die Zellen nur schwach mit Körnchen gefüllt. Blutbewegung anfangs schwach, wird bald geschwinder, nimmt ab und erhält sich auf mittlerem Zustande. Um 12 Uhr sind die meisten Alveolen glattrandig. Erst um 2 Uhr 30 Min. fließt etwas Saft aus der Canüle. Die Zellen zeigen sich mehr, manche sehr reichlich mit Körnchen gefüllt. Die Alveolen nehmen wieder gekerbte Ränder an. 3 Uhr Blutströmung allgemein sehr rasch.
3. Kleines Kaninchen. Aether. Anfang 12 Uhr 15. Min. Läppchen *a*. Kerbung kaum angedeutet, ebenso die Zellgrenzen. Fast in allen Zellen einzelne dunkle Körnchen in der äußeren Zone. — Läppchen *b*. letztere Körnchen sehr weit nach außen; freier Rand stark gekerbt. — Läppchen *c*. keine Körnchen im Basaltheile der Zellen; starke Kerbung. — Läppchen *d*. wie *c*. — Läppchen *e*. ähnlich, Zellbegrenzung nicht ganz so deutlich wie in *c* und *d*. — Gefäße an den meisten Stellen weit. 2 Uhr. a. Nächste Gefäße eng, mit sehr langsamer Bewegung;

Alveolen glatt geblieben; Körnchen der Zellbasen vielleicht etwas vermehrt. — b. Der ganze Rand glatt, alle Zellgrenzen verwischt. — d. Blutgefäße weit, Basalkörnchen ganz verschwunden, Zellspitzen sehr arm an Körnchen; Ränder stark gekerbt, alle Zellgrenzen scharf. — e. ganz glatt, Zellgrenzen nicht zu sehen, Basalkörnchen bis zur Kernzone vorgerückt. — Von 12—4 Uhr fielen von Zeit zu Zeit Secrettropfen aus der Canüle.

4. Alle Läppchen glatt, enge Gefäße und langsamer Capillarstrom. Injection von defibrinirtem Hühnerblut in den Ductus; Druck 30 mm Hg. Sofort überall stark beschleunigte Circulation. Die große Mehrzahl der Läppchen erhält in den nächsten 10 Min. stark gekerbte Ränder, alle Zellgrenzen werden deutlich. Von 10 bis 12 Uhr 20 Min. wird an vielen Zellen Vorschreiten der Körnchen nach dem Centrallumen der Alveolen hin beobachtet. Blutige Flüssigkeit tropfte langsam aus der Canüle. Um 12 Uhr sind viele Läppchen frei von Vogelblutkörperchen, andere mit blaßrother Lackfarbe und vereinzelten Kernen gefüllt. 3 Uhr 30 Min. Blutbewegung sehr rasch; alle Läppchen gekerbt, mit einzeln sichtbaren Zellen. Die Körnchen haben stark abgenommen. Im Mesenterium in der Nähe der Pankreasgänge große rothe Flecke.

5. Kaninchen seit 24 St. hungernd. Blutbewegung sehr rasch, wird nach $^1/_4$ St. langsam. Läppchen überall anfänglich glatt, werden z. Th. gekerbt. Durch Zufall sinkt die Temperatur der Ueberrieselung auf 18° C., worauf die Circulation sehr abnimmt, nach einiger Zeit aber sehr rasch wird, trotz dauernder Abkühlung.

6. Kaninchen unmittelbar vor dem Versuche gefüttert. 10 Uhr 30 Min. alle Alveolen glatt, Zellgrenzen unsichtbar; Blutbewegung langsam. 11 Uhr 20 Min. beginnt die Circulation sich stark zu beschleunigen; Pankreassaft tropft. Die Läppchen nehmen mit wenigen Ausnahmen stark gekerbte Ränder an und die Zellgrenzen werden sehr deutlich, z. Th. durch doppelte Contouren. An manchen Stellen war in einigen Minuten das Vorrücken von Körnchen an die Stellen kleiner blasser, nahe der Zellspitze entstandener Vacuolen zu constatiren. 12 Uhr 50 Min. starb das Kaninchen.

7. 10 Uhr 40 Min. Circulation langsam und sehr regelmäßig; kleine Venen neben Arterien am Hilus einiger Läppchen sehr scharf durch die dunklere Farbe zu unterscheiden. Alle Läppchen glatt berandet, Zellen selten zu unterscheiden, sehr mäßige Erfüllung mit Körnchen. 11 Uhr 30 Min. Injection geschlagenen Hühnerblutes, von dem reichlich einfließt bei kaum meßbarem Druck. Die Blutbewegung wird schneller und schneller, bald maximal; kein Unterschied der Farbe zwischen Venen und Arterien. Das Vogelblut ist nur in einen Theil der Al-

veolen eingedrungen und wird daselbst in kurzer Zeit lackfarben. Nach 15—20 Min. sind alle Alveolen stark gekerbt und der Blutlack nebst den Kernen der Blutkörperchen fließt ziemlich rasch zurück, während lackfarbene Flüssigkeit aus der Canüle tropft bis 12 Uhr 30 Min. Die Körnchen sind jetzt überall in den Spitzen der Zellen zusammengedrängt, so daß eine helle Zone von ihnen bis zum Kern reicht.

8. Kleines Kaninchen. Alle Läppchen glatt, Zellen außerordentlich reich an Körnchen, auch viele verstreute Körnchen in den Zellbasen. Sehr lebhafte Blutbewegung, aber keine Veränderung in 4 Stunden zu bemerken, während welcher auch kein Tropfen aus der Canüle tritt.

9. Injection von Milch in den Ausführungsgang. Erscheinungen fast genau wie bei Vers. 7. Nach 4 Stunden wird die Drüse außerordentlich hyperämisch und flottirt im Mesenterium, worauf das Thier stirbt.

10. Blutbewegung rasch, nimmt noch bedeutend zu auf Injection von Vogelblut in den Ductus. In den Alveolen werden die Blutkörperchen bald gelöst. Die vorher stark gekerbten Alveolen verharren in diesem Zustande, doch fließt das lackfarbene Blut aus den Alveolen nicht wieder ab und auch nur wenig aus der Canüle aus. Kaninchen stirbt nach 3 Stunden.

11. Glascanüle mit Schlauch und Manometer mit Quecksilber gefüllt, erst nach vorgängiger Beobachtung der Drüse im Ductus befestigt. Gleich nachher beschleunigte Circulation und rasche Entwicklung glatter Läppchen zu gekerbten. Das Quecksilber steigt im Manometer auf 20 mm und verharrt auf diesem Punkte 4 Stunden. Während dieser Zeit bleiben alle Theile der Drüse stark gekerbt und die Körnchenhaufen werden bedeutend kleiner und dichter, zuletzt auf eine schmale, dem Centralcanale unmittelbar benachbarte Zone beschränkt. Im Basaltheile fast aller Zellen sind einzelne größere Körnchen aufgetreten. Die Blutcirculation bleibt beschleunigt. Beim Abnehmen des Manometers wird im Schlauche viel wirksamer Saft gefunden. Trotz des stark gekerbten Zustandes sind die Centrallumina der Alveolen sichtlich ausgedehnt. Nach einer weiteren Stunde, während welcher kein Saft erschien, sind die meisten Alveolen glatt und die Blutbewegung ist verlangsamt. Die Körnchen der Zellbasen sind größtentheils verschwunden, die Haufen vor dem Kern anscheinend vergrößert.

12. Circulation langsam aber regelmäßig. In einem horizontal an die Canüle befestigten Glasrohre tritt von 11 Uhr 10 Min. bis 12 Uhr 30 Min. kein Saft auf. Alle Drüsenläppchen haben sich glattberandet erhalten, die Erfüllung mit Körnchen vorn ist sehr bedeutend. Circulation bleibt unverändert.

13. Blutbewegung ziemlich rasch, kleine Venen aber an der Farbe er-

kennbar. Ein Theil der Läppchen ist glatt berandet. An diesen wird electrischer Reiz probirt, mit Einzelschlägen oder tetanisirend, sehr schwach beginnend, zuletzt ziemlich stark. Der einzige Erfolg ist vorübergehender Stillstand des Blutes in den intrapolar liegenden Läppchen. Gekerbte Läppchen ändern sich ebensowenig. Bei starken Strömen werden die Zellbasen etwas trüb.

14. Rasche Blutströmung; die Mehrzahl der Läppchen stark gekerbt, darunter einige vollkommen glatt; Pankreassaft tropft aus der Canüle. Die Drüse wird frei hängend oben mit dem Deckglase bedeckt, eine Stelle, worin sich glatte Läppchen befinden, eingestellt, worauf von unten freie Electroden mit Platinkügelchen in die Nähe des Läppchens gebracht werden. Etwa jede Secunde wird ein schwacher, an der Zunge grade fühlbarer Inductionsschlag zugeleitet: damit 1 Min. fortgefahren. An dem Alveolus sind die Zellgrenzen entschieden deutlicher geworden. In den nächsten 5 Min. keine Veränderung. Der Reiz wird wiederholt, etwa 30 Schläge nach minutenlanger Unterbrechung angewendet, worauf sich der gekerbte Zustand in den nächsten 10 Min. ausbildet. Andere nicht weit entfernte glatte Läppchen haben sich während dieser Zeit nicht verändert. An einem Läppchen wird derselbe Reiz tetanisirend angewendet und die Lage des Electroden oft gewechselt. Es ist garkein Erfolg zu bemerken. Bei verstärkter Reizung stockt im Umkreise des Läppchens die Circulation.

15. Kaninchen nach 24stündigem Hunger. Die Drüse ist sehr schwach geröthet, wird aber, obwol einstweilen unberührt, sichtlich allmählich röther, worauf sie unter dem Mikroskop stark erweiterte Gefäße zeigt. Die Läppchen, deren Zellen bis zur Kernzone weit auseinander liegende Körnchen enthalten, sind glatt und bleiben es von 12 Uhr bis 1 Uhr 15 Min., während andauernder Hyperämie. Um diese Zeit nehmen einige gekerbte Ränder an und die Secretion beginnt. Ein Tropfen fällt aus der Canüle um 1 Uhr 31, 1 Uhr 35, 1 Uhr 40, 1 Uhr 44, 1 Uhr 50, 1 Uhr 54, 1 Uhr 56, 2 Uhr, 2 Uhr 4, 2 Uhr 8 Min. Hierauf wird mit äußerster Vorsicht unter grade hinreichendem Druck (weniger als 20 mm Hg) geschlagenes Hühnerblut in den Gang gedrängt, bis dasselbe in mehreren glatten Alveolen erscheint. Ohne den Injectionsapparat zu entfernen werden alle zugänglichen Stellen der Drüse abgesucht: fast alle glatten Alveolen sind gefüllt, aber kein einziges gekerbtes Läppchen. Endlich füllen sich aber auch diese bei 40 mm Druck und die Blutkörperchen schreiten darin fast überall zwischen die Zellen und bis zur M. propria vor.

16. Injection von Jaborandiextrakt in eine Vene erzeugt starken Speichelfluß aber keine Veränderung in der schwachen Pankreassecretion. Als

hierauf Milch in Gang geführt wurde, trat sogleich starke Beschleunigung und rasches Zurückfließen der Milch ein, während die Alveolen in ungewöhnlichkurzer Zeit sämmtlich in einen so stark gekerbten Zustand übergingen, daß die Zellen wie die zusammengedrängten Beeren einer Traube aussahen.

17. Kaninchen um 9 Uhr gefüttert, Präparat um 11 Uhr 30 Min. hergerichtet. Die Drüse war arm an Körnchen und glattrandig. Bis 3 Uhr kein Secret, während verschiedene für die Drüse erfolglose electrische Reizversuche mit sehr mäßigen Strömen angestellt waren. 3 Uhr 40 Min. begann Secretion unter Kerbenbildung an den Läppchen; um 4 Uhr dies überall sehr ausgeprägt. Zur Berieselungsflüssigkeit wurde jetzt $^1/_5$pCt Atropinsulfat gefügt. Die Secretion stockte darauf in wenigen Minuten und alle Läppchen wurden nach und nach glatt unter Verlust der Zellgrenzen. Auf die mäßig beschleunigte Blutcirculation hatte das Atropin keinen Einfluß. Als nach vollkommener und allgemeiner Glättung der Läppchen wieder reine NaCl-Lösung zum Berieseln verwendet wurde, tropfte wieder Saft aus der Canüle und wurden die Läppchen größtentheils wieder gekerbt.

Die Atropin-NaCl Mischung bei einem andern Kaninchen, dessen Pankreas gut absonderte, in den Ausführungsgang gebracht, hob die Secretion sofort dauernd auf und die gekerbten Läppchen der Drüse wurden glatt.

18. Kaninchen um 9 Uhr gefüttert. Operation und Präparation 1 Uhr 20 Min. Aus der Canüle fallen Tropfen, um

1 Uhr 27 Min.	1 Uhr 51 Min.	2 Uhr 15 Min. hört die Absonderung auf.
1 „ 31 „	1 „ 55 „	Die Circulation wird jetzt langsamer und
1 „ 36 „	1 „ 56 „	die vorher fast sämmtlich gekerbten Läpp-
1 „ 40 „	1 „ 59 „	chen werden glatt.
1 „ 44 „	2 „ 3 „	Um 2 Uhr 40 Min. wird Jaborandiex-
1 „ 48 „	2 „ 7 „	trakt in eine Schenkelvene eingespritzt,
	2 „ 10 „	worauf die Secretion alsbald beginnt.

Tropfen fallen:	2 Uhr 44 Min.	2 Uhr 59 Min.	3 Uhr 19 Min.
	2 „ 47 „	3 „ 2 „	3 „ 23 „
	2 „ 50 „	3 „ 7 „	3 „ 26 „
	2 „ 53 „	3 „ 11 „	3 „ 30 „
	2 „ 56 „	3 „ 15 „	

Die Drüsenläppchen waren jetzt alle wieder gekerbt und die Zellgrenzen sehr deutlich, während die Circulation wieder zugenommen hatte. Da der Abfluß stockte, wurde eine neue Dosis Jaborandi gegeben: es fielen Tropfen um

3 Uhr 34 Min.	Um 3 Uhr 58 Min starb das Thier
3 „ 37 „	unter Krämpfen. Die Pankreaszellen
3 „ 40 „	schienen jetzt trüber geworden zu
3 „ 45 „	sein.
3 „ 48 „	
3 „ 52 „	

19. Ziemlich großes Kaninchen. Rasche Blutströmung, Pankreasläppchen überall fast traubenförmig. Secrettropfen:

1 Uhr 20 Min.	1 Uhr 38 Min.	Die Berieselung wird auf 4°C. gekühlt. Tropfen fallen weiter aus der Canüle um	
1 „ 26 „	1 „ 40 „		
1 „ 28 „	1 „ 42 „		
1 „ 29 „	1 „ 44 „	1 Uhr 53 Min.	
1 „ 31 „	1 „ 45 „	1 „ 54 „	
1 „ 34 „	1 „ 47 „	1 „ 57 „	Blutbewegung
1 „ 36 „	1 „ 49 „	2 „ — „	stark verlang-
		2 „ 3 „	samt.

Die Berieselung wird wieder auf 38° C. gebracht, worauf die Blutbewegung bald wieder zunimmt und etwa jede 2—3 Min. ein Tropfen fällt. An der Drüsensubstanz war während der Abkühlung keine Veränderung bemerkbar und es zeigte sich auch, daß das Pankreas noch eine Abkühlung von 20 und von 10 Min. ertrug, während welcher die Absonderung freilich erlosch, ohne das Vermögen zu verlieren, bei späterem Erwärmen wieder lebhaft zu secerniren.

Erklärung der Abbildungen.

Taf. 2.

Einrichtung zur mikroskopischen Untersuchung des lebenden Kaninchenpankreas. Erklärung im Texte.

Taf. 3.

Dünner Lappen des Kaninchenpankreas, von der Aorta aus bei sehr geringem Drucke mit löslichem Berlinerblau injicirt. Sämmtliche Blutbahnen, Arterien, Capillaren und Venen sind gefüllt: an vielen Stellen glomerulusartige Figuren.

Taf. 4.

Pankreas vom Kaninchen mit injicirten Capillaren, zur Demonstration der Gefäßarmuth vieler Drüsenlappen- und Ränder.

Taf. 5.

Fig. 1 und 2. Schnitte aus dem Pankreas vom Kaninchen mit injicirten Gefäßen. Alkoholhärtung, Färbung mit Hämatoxylin; in Canadabalsam.

a. a. Intertubuläre Zellhaufen mit den weiten Capillaren der Glomeruli. *b. b.* Drüsenzellen. Vergr. *Hartnack* VIII, Oc. 3.

Fig. 3. Injicirte Gefäße aus dem Pankreas des Kaninchens. *a. a.* Glomeruli. *b. b.* Netze feiner Capillaren der Drüsenläppchen.

Fig. 4 u. 5. Wie Fig. 1 und 2 vom Hunde.

Taf. 6.

Fig. 1. Läppchen des lebenden Kaninchenpankreas mit erhaltener Blutcirculation. Die Blutgefäße durch rothen Druck bezeichnet. Starke Vergrößerung.

Oben und Rechts bei *a* in Absonderung begriffene Alveolen, Unten und Links bei *b* ruhende Alveolen. Bei *a* alle Zellgrenzen deutlich, die Drüsenränder und Oberflächen gekerbt, bei *b* die Ränder glatt, die Zellen etwas reicher an Körnchen, ihre Grenzen nur an wenigen Stellen sichtbar. Kerne der Zellen selten angedeutet (*c*).

Fig. 2. Schnitt aus dem frisch in Alkohol gelegten Pankreas von Macacus cynomolgus. Das Bild zeigt einen der großen intertubulären Zellenhaufen, von Drüsenläppchen umgeben. Die Drüsenzellen mit gelblich tingirtem, streifigem Protoplasma. Die gelbrothen Kerne der Pankreaszellen, im Präparate verwaschener, sind in der Figur zu scharf contourirt. Behandlung mit Picrocarmin und Canadabalsam.

Heidelberg, April 1882.

Bemerkungen zu Herrn *Hoppe-Seyler*'s Darstellung der Optochemie.

Von **W. Kühne.**

Im 4. Theile seiner „physiologischen Chemie“ hat Herr *Hoppe-Seyler* einige Excurse in die Nervenphysiologie und eine Darstellung der Optochemie versucht, die von physiologischer Seite nicht mit Stillschweigen übergangen werden können und mich auch in historischer Beziehung zu einigen Bemerkungen verpflichten.

S. 685 der „physiologischen Chemie“ heißt es: „*Nichtsdestoweniger ist der Vorgang bei der Leitung im Nerven doch mit electrischer Spannungsänderung verbunden. Dies ergaben die Untersuchungen von Holmgren, sowie von M'Kendrick und Dewar über die Einwirkung des durch Licht von der Retina her erregten lebenden Sehnerven auf die Magnetnadel eines sehr empfindlichen Galvanometers.*“ Weshalb der Verfasser an dieser Stelle den einzig entscheidenden Versuch von *du Bois-Reymond* [a]) am N. ischiadicus des mit Strychnin vergifteten Frosches unterdrückt, der doch dadurch an Werth nicht verliert, daß er wenigstens 22 Jahre älter ist, als alle Kenntniß von Schwankungen der Retinaströme, ist unbegreiflich, wenn man nicht voraussetzen will, daß Herr *Hoppe-Seyler* den Versuch nicht gekannt habe. Noch unbegreiflicher ist es, weshalb Herr *Hoppe-Seyler* den Englischen Forschern [b]) einen Versuch zuschreibt, den sie nie gemacht haben, ja von dem sie nicht einmal reden und weshalb er sich auf den Schwedischen Physiologen beruft, der von dem Versuche nur sagte, daß er resultatlos gewesen und vermuthlich hoffnungslos sei [c]). Man müßte den N. opticus mit der Retina oder mit dem Bulbus verwechseln, um Herrn *Hoppe-Seyler*'s Verwechselung zu begreifen.

a) Unters. über thier. Electr. II. 1. S. 512 u. f. 1849.
b) Transact of the R. Soc. of Edinburgh. XXVII. S. 141 (1870), Journ. of Anat. a. Physiol. Nr. XII. S. 275.
c) Upsala Läkareför. Förhandl. VI. S. 419—155 (1871) u. *Holmgren*: diese Unters. III. S. 306 u. 307.

S. 700 versucht Herr *Hoppe-Seyler* folgende Darstellung der Nervenerregung durch Licht: „*Die Wellenlänge des letzteren kann nicht wol anders*

percipirt werden als durch einen der Schwingungsgeschwindigkeit der auf das Auge wirkenden Lichtart entsprechenden Erregungsmodus im Organe, welches die Uebertragung der Lichtbewegung auf den Nerven ausführt. Der Nervenstrom muß nach dieser Vorstellung selbst sehr schnelle Dichtigkeitsschwankungen haben, dem steht aber nicht allein nichts entgegen, sondern es werden auch die Perceptionen der Wärmeschwingungen durch die sensiblen Endorgane in der Haut und die des Schalles im Ohr allein auf diesem Wege verständlich. Es sind dies jedoch vorläufig noch unproductive Hypothesen, da es noch an Methoden zur Prüfung ihrer Richtigkeit fehlt." Wenn man im letzten Satze das „vorläufig noch" streicht, wird der Vordersatz sich allgemeiner Zustimmung erfreuen, der Nachsatz ebenso allgemein bestritten werden: denn die Prüfung ist ja längst vollzogen, so lange man Farben sah auf Reizung des Auges ohne Licht. Herr *Hoppe-Seyler* mahnt uns, nicht zu vergessen, daß die Lehre von den specifischen Sinnesenergieen und das Beste, was *Th. Young, Joh. Müller, Helmholtz* auf diesem Felde schufen, für einen Theil der heutigen Generation noch verloren ist. Bei dem Verfasser einer „physiologischen Chemie" könnte dies allerdings überraschen, wenn man nicht wüßte, welchem Schicksale entscheidende Thatsachen da zu erliegen pflegen, wo sie zur schneidigsten Waffe werden sollten. Liest man doch, schmerzlich überrascht, ich bekenne es, in *Lotze*'s kürzlich posthum erschienenen „Grundzügen der Psychologie" (S. 13) zur Lehre von den specifischen Energieen: „*Nun kann schwerlich in dem gespannten Augapfel eine Bewegung der ponderabelen Theile durch Stoß geschehen, ohne daß ein Theil derselben sich auch in Bewegungen des im Auge befindlichen Aethers umsetzt und so eine Lichtbewegung erzeugt, die nun als adäquater Reiz auf den Sehnerven ebenso wirkt, als wenn sie von außen käme.*" Wirkte nicht der Stoß auch auf den Stamm des Sehnerven, der durch Licht nicht zu erregen ist, und wären diejenigen Aetherschwingungen, die der Stoß etwa zu erzeugen vermöchte, nicht nachweislich indifferent für die Retina, so ließe sich Das noch hören, aber schwerlich würde damit die Kluft geschlossen, welche die Physiologie hier von dem unsterblichen Verfasser des „Mikrokosmus" trennt, der einst ihre Wege ging.

Bezüglich der Entdeckung des Sehpurpurs und der chemischen Vorgänge in der Retina hat Herr *Hoppe-Seyler* versucht, einen Mythus zu gestalten, der mit der Behauptung (l. c. S. 194) beginnt, *Boll* habe gefunden, daß „*die rothen Stäbchen der Retina nach Entfernung aus dem Körper im Dunkeln ihre Farbe längere Zeit erhalten, am Lichte aber bald einbüßen*". Dies ist unrichtig. Das habe ich gefunden[a]) im Gegensatze zu *Boll*[b]), und von *Boll* wurde erst später[c]) zugegeben, daß die Stäbchenfarbe sich längere Zeit nach dem Tode im Dunkeln halte: eine durch mich veranlaßte Correktur seiner Angaben, nach denen das Erblassen der herausgenommenen Retina

nicht dem Lichte, sondern dem Absterben[b]) zuzuschreiben war und eine Correktur, welche sich in 5 Publicationen von *Boll*[d]), die der meinigen folgten, noch nicht findet, sondern erst in der letzten 6ten[e]).

a) Zur Photochemie der Netzhaut, erschienen 11. Jan. 1877 in Verhandl. d. Naturhist. Med. Vereins zu Heidelberg. 1877. S. 484 u. diese Untersuchungen I. S. 1.
b) Monatsber. d. k. Acad. zu Berlin. 29. Nov. 1876. Acad. d. Lincei. 3. Dec. 1876. Atti I. S. 36.
c) Arch. f. Anat. u. Physiol. S. 4, das. 6. März, erschienen 13. Juli 1877.
d) 1. Lincei. S. 41. — 2. Acad. z. Berlin. 11. Jan. — 3. Lincei. S. 73. — 4. Acad. z. Berlin. 19. Febr. 1877. Monatsber. S. 72. — 5. Centralbl. f. d. Med. Wissenschaft. 31. März. 1877. S. 230.

Ferner sagt Herr *Hoppe-Seyler* (l. c. S. 694), *Boll* habe gefunden, daß *„eine partiell erleuchtete Retina auch nur soweit sie beleuchtet ist, erblaßt."* Herr *Hoppe-Seyler* könnte wissen, daß der Versuch, durch den *Boll* dies erkannt zu haben glaubte[a]), nicht ausführbar ist, und wenn ihm meine Erörterungen[b]) über das fragliche Froschoptogramm unzugänglich waren, so hätte er herausfinden können, was ich dem Leser zu finden überließ, daß von Erkennung scharfer localer Ausbleichung im Froschauge überhaupt nicht die Rede sein kann, falls man die Retina im Hellen präparirt, ein Verfahren, das *Boll* nach seiner Aussage in der Zeit, als er ein Optogramm erhalten zu haben meinte, anwendete. Ueberdies wurde die Retina nicht auf Pseudooptogramme untersucht, die bekanntlich im Froschauge sehr häufig sind und die Täuschung bestenfalls erklären könnten.

a) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. S. 9.
b) Diese Unters. I. S. 228—230.

Weiter verbreitet Herr *Hoppe-Seyler* Unrichtiges, indem er meine Beobachtungen über das Verhalten der Stäbchenfarbe gegen Reagentien denen *Boll*'s nachsetzt (l. c. S. 694). Diese Art der Untersuchung war es grade, die ich allein beginnen konnte, weil ich die Methode dazu geschaffen hatte[a]), d. h. das Arbeiten in unschädlicher Beleuchtung. In der That liegen zwischen meinen und *Boll*'s ersten auf diesen Punkt bezüglichen Angaben 3 Monate der Datirung[b]), mehr als 6 Monate der Veröffentlichung.

a) Photochemie d. Netzhaut. S. 2. 1877. 5. Jan.
b) Arch. f. Anat. u. Physiol 1877. 6. März.

Herr *Hoppe-Seyler* schreibt auch die Entdeckung der Bewegungen des Fuscins in den Pigmentepithelien *Boll* zu, während ich dieselbe gefunden habe. *Boll* hielt das Haften und die Schwärzung der belichteten Retina für die Folge einer Erweichung der Netzhaut[a]); worauf ich zuerst auf die schon von *Czerny* vermutheten amöboïden Bewegungen der Epithelzellen wies und das Wandern, sowie die Abschichtung des Fuscins in der lebenden Netzhaut fand[b]). *Boll* erklärte darauf das Vorschreiten des Pigmentes aus einer Verlängerung der Epithelbärte[c]), acceptirte aber in seinem letzten Autorreferat die Erklärung der Erscheinung durch die Wanderung der

Fuscinnadeln [d]). Ich halte übrigens meine Auffassung erst durch die mit Herrn *Sewall* [e]) gemeinsam durchgeführte Untersuchung an dem Guanin-Pigmentepithel von Abramis für ganz erwiesen.

a) Monatsber. d. k. Acad. zu Berlin. 19. Febr. 1877. S. 73, erschienen 15. Mai 1877.
b) Diese Unters. I. S. 21 u. 101, erschienen 1. Mai 1877.
c) Centralbl. für die Med. Wiss. 9. Juni 1877. S. 408. Archiv f. Anat. u. Physiol. 1877. S. 28.
d) Centralbl. f. d. Med. Wiss. 29. Sept. 1877. S. 701.
e) Diese Unters. III. S. 221.

Herr *Hoppe-Seyler* läßt *Boll* unglaublicher Weise auch die Regeneration des Sehpurpurs durch das Retinaepithel entdecken, was ich bekanntlich allein beobachtete und bewies [a]), während sich in keiner von *Boll*'s Publicationen irgend eine Thatsache oder Beobachtung findet, die auch nur eine Mitwirkung des Epithels bei diesem Vorgange andeutete, wahrscheinlich machte oder gar erwiese.

a) Photochemie d. Netzhaut u. diese Unters. I. S. 7–9.

Daß die Regeneration des Rhodopsins unabhängig von der Erhaltung des Sehnerven ist, soll nach Herrn *Hoppe-Seyler* (l. c. S. 698) *Colasanti*, 1 Jahr später *Holmgren* gefunden haben: ich hatte lange vorher gezeigt, daß die Regeneration noch im exstirpirten Bulbus [a]) geschieht, dessen Sehnerv doch durchschnitten ist.

a) Vergl. Photochemie der Netzhaut l. c., wo auch Herr *Ranvier*, der mich das „pigment rétinien" den Sehpurpur regeneriren läßt (Traité technique d'Histologie, f. 6. S. 970), das Gegentheil von seiner Angabe finden wird.

Endlich hat sich Herr *Hoppe-Seyler* (l. c. S. 697) mit Herrn *Cahn* (Inaug.-Dissert. Straßburg. 1881, S. 12) vereinigt, um die Myeloïdkörner des Retinaepithels durch *Angelucci* entdecken zu lassen, die viel früher von *Ewald* und mir [a]) als etwas besonderes erkannt worden waren, nämlich als unlöslich in Alkohol und Aether, dagegen löslich in Galle und nach Art der Stäbchenaußenglieder erstaunlich quellbar und vergänglich in Aetznatron. Diese „farblosen Klümpchen" konnten also keine „entfärbte Fetttropfen" [b]) sein, welche *Boll* an ihrer Stelle angenommen hatte. Da die Herren *Cahn* und *Hoppe-Seyler* dies Alles recht gut wußten, als es ihnen gefiel, Herrn *Angelucci*, der es wagte, von den Körnern zu sagen, daß er sie „niemals beschrieben gefunden" [c]) habe, in seinem Plagiat zu unterstützen, so kann bei ihnen der Appell an die historische Wahrheit nichts nützen. Damit sie aber nicht aus der Verwechselung gebleichter Fetttropfen mit Myeloïdkörnern noch die Entdeckung der letzteren schmieden, will ich sie an die hübsche Geschichte erinnern, welche *Liebig* über die Entdeckung des Broms zu erzählen liebte. *Liebig* hatte durch Einwirkung von Chlor auf Kreuznacher Mutterlaugen das Brom erhalten, aber weil er es nicht untersuchte und mit der Annahme, es habe sich Chlorjod gebildet, zufrieden war, nicht gemerkt,

daß er vor einem neuen Elemente stand, wie er zu seiner Ueberraschung erfuhr, als *Balard*, der umsichtiger gewesen war, auf demselben Wege das Brom wirklich entdeckte. Es liegt mir fern, eine Sache, die noch eine histologische Kleinigkeit ist, nur groß genug um mißgünstigen Darstellungen Stoff zu liefern, in Parallele mit *Balard*'s Entdeckung zu stellen: ich habe aber gern an die Geschichte des Broms erinnert, weil unsere Unterhaltungspresse unlängst Pariser Unverschämtheiten verbreitete, mit denen *Balard* für seine Entdeckung gedankt wurde.

Auf die unter der Leitung von Herrn *Hoppe-Seyler* ausgeführte Arbeit des Herrn *Cahn* werde ich bei anderer Gelegenheit eingehen. Nach den eben gegebenen Proben ist es fast selbstverständlich, daß darin Dinge, die ich gefunden habe und bei Herrn *Hoppe-Seyler* bestätigt wurden, als neu mitgetheilt [d]) werden, z. B. die Gewinnung eines Körpers aus der Retina, der mit SH_2O_4 eine reducirende Substanz liefert, vermuthlich Cerebrin [e]).

a) Diese Unters. I. S. 287 (Nov. 1877.), erschienen 20. Dec. 1877.
b) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1877. S. 23.
c) Arch. f. Anat. u. Phys. Physiologische Abth. 1878. Mai 1878. S. 360. Zeile 3.
d) l. c. S. 7.
e) Handb. der Physiol. Herausgegeben von *L. Hermann*. III. 1. S. 256.

Heidelberg, April 1882.

Inhaltsverzeichniss des zweiten Bandes.

Seite.

Vergleichend-physiologische Beiträge zur Kenntniss der Verdauungsvorgänge von *C. Fr. W. Krukenberg* 1

I. Die Verdauungsvorgänge bei einigen Cephalopoden und Pulmonaten 2

II. Ueber die Verdauung einiger Articulaten 23

1. Astacus fluviatilis *Rond* 23
2. Periplaneta (Blatta) orientalis *L.* nebst Bemerkungen über die Function der sog. Kaumägen 26
3. Hydrophilus piceus *L.* 32

III. Die Verdauungssecrete und deren Bildungsstätte bei Lumbricus terrestris *L.* 37

IV. Das Vorkommen des diastatischen Enzymes in den Drüsen des Verdauungsapparates einiger einheimischer Süsswasserfische . . 41

Erklärung der Abbildung 45

Beobachtungen über Druckblindheit von *W. Kühne* 46

Ueber die Stäbchenfarbe der Cephalopoden. Briefliche Mittheilung an den Herausgeber von *C. Fr. W. Krukenberg* 58

Erwiderung auf einen Angriff des Herrn Hoppe-Seyler von *W. Kühne* 62

Beobachtungen an der frischen Netzhaut des Menschen von *W. Kühne* 69

Ueber Sehpurpur und Retinaströme. Aus den „Upsala Läkareförenings Förhandlingar“ übersetzt und für diese „Untersuchungen“ mitgetheilt von *Frithiof Holmgren* 81

I. Vom Retinastrome im purpurlosen Auge 82

II. Vom Sehpurpur im stromlosen Auge 85

III. Vom Sehpurpur und dem Retinastrome bei durchschnittenem Sehnerven 86

Fortgesetzte Untersuchungen über die Retina und die Pigmente des Auges von *W. Kühne* 89

I. Zum Verhalten der Netzhaut des Menschen 89

II. Bemerkungen über die Farbstoffe der Vogelretina 105

Seite.

III. Vom braunen Pigmente des Auges 112

Schlusserörterungen 119

Erklärung der Abbildungen 131

Zur Geschichte des Hämoglobins der Muskeln von *W. Kühne* . . . 133

Literatur zu Herrn *Holmgren's* Mittheilung auf S. 81. 136

Zur Histologie der Nervenfaser und des Axencylinders von Dr. *Th. Rumpf* 137

Die Scheiden des Markes 143

Der Axencylinder 162

Zur Histologie der motorischen Nervenendigung von *W. Kühne* . . . 187

Besitzen die intramuskularen Nerven Scheiden? 189

Gestalt und Bau der Endplatten 191

Ueber Regeneration des Sehpurpurs beim Säugethiere von *W. C. Ayres* und *W. Kühne* 215

I. Autoregeneration 218

II. Postmortale Wirkung des Epithels 220

A. Im überlebenden Auge begegnet die Entfärbung des Sehpurpurs durch Licht Hindernissen, welche allmählich abnehmen 220

B. Im überlebenden Auge ist Regeneration des Sehpurpurs nach der Lichtwirkung nicht zu bemerken 222

III. Regeneration im Leben 226

A. Druckversuche 226

B. Regeneration nach gehemmtem Blutlaufe 229

C. Vom Einflusse des Belichtungsgrades auf die Regeneration 234

D. Versuche über den Einfluss einiger Nerven auf die Regeneration 235

E. Einfluss des Atropins und des Pilocarpins auf die Regeneration 237

Ueber die entoptische Wahrnehmung der Macula lutea und des Sehpurpurs von Dr. *August Ewald* 241

Notiz über die Wirkung des Silbernitrats auf die Nervenfaser von *L. v. Morochowetz* 249

Erklärung der Taf. X. 253

Zur Abwehr einiger Irrthümer über das Verhalten des Sehpurpurs von *W. Kühne* 254

Notiz über die Netzhaut der Eule von *W. Kühne* 257

Zur Verdauung bei den Krebsen von *C. Fr. W. Krukenberg* 261

Ueber ein peptisches Enzym im Plasmodium der Myxomyceten und im Eidotter vom Huhne von *C. Fr. W. Krukenberg* 273

Mangan ohne nachweisbare Mengen von Eisen in den Concretionen aus

image
not
available

In *Carl Winter's Universitätsbuchhandlung* in **Heidelberg** sind neu erschienen:

Vergleichend-physiologische Vorträge

von

Dr. C. Fr. W. Krukenberg.

I. **Die Bedeutung der vergleichenden Methode für die Biologie.**
gr. 8⁰. brosch. 1 M. 20 Pf.

II. **Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Verdauung.**
gr. 8⁰. brosch. 1 M. 60 Pf.

☛ Diese Vorträge werden die Hauptgrundzüge einer vergleichenden Physiologie in den einzelnen für die gesammte Biologie wichtigeren Abschnitten gemeinverständlich behandeln. In den Anmerkungen wird die Literatur möglichst vollständig angegeben werden, so daß der Biologe einerseits eine Anschauung von den Resultaten und Tendenzen der vergleichenden Physiologie erhält, und der Fachmann anderseits zugleich die Mittel, sich über den Stand der Kenntnisse in einem Specialfach in kürzester Frist informiren zu können.

Die weiteren Hefte werden enthalten: **Die Grundzüge einer vergleichenden Physiologie der Nerven und Muskeln, der Circulations- und Respirationsvorgänge, der Bewegungserscheinungen** u. s. w.

Jedes Heft ist einzeln käuflich. Mit dem letzten Heft wird ein Gesammttitel und Inhaltsverzeichniss geliefert.

C. F. Winter'sche Buchdruckerei.

Princeton University Library
32101 058780097

· XH3
v. 1- 2

DATE ISSUED	DATE DUE	DATE ISSUED	DATE DUE

Princeton University Library
32101 058780097

XH3
V. 1-2

DATE ISSUED	DATE DUE	DATE ISSUED	DATE DUE